

Школа: Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки: 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ): отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления опоры

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6Б	Батболд Мунхтэнгис		05.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		05.06.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна)	к.т.н., доцент		05.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черемискина Мария Сергеевна			05.06.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 15.03.01 «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Ефременков Е. А.	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения*
Общие по направлению подготовки (специальности)	
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские

	работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
Профиль 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)	
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

Школа: Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность): 15.03.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ): отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Ефременков Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4А6Б	Батболд Мунхтэнгис -

Тема работы:

Разработка технологии изготовления опоры	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-67/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2020

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Чертеж детали, технические требования к детали, программа выпуска.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ технологичности детали, разработка маршрута обработки, размерный анализ, выбор оборудования и инструмента, подбор режимов резания, расчет норм времени, разработка специального приспособления.
Перечень графического материала	Чертеж корпуса разъема, размерная схема, чертеж специального приспособления, технологические карты
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И.В.
Социальная ответственность	Черемискина М.С.
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.12.2019

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Козлов В.Н.	К.Т.Н.		16.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6Б	Батболд Мунхтэнгис		16.12.2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 120 страниц пояснительной записки и 14 страниц приложений, 20 таблиц, 6 рисунков, 30 источников и графическую часть: 3 листа формата A1, 3 листа формата A2, 2 листа формата A4.

Ключевые слова: опора, прокат, технологический процесс, размерный анализ, приспособление.

Актуальность работы определяется недостаточной освещенностью этого вопроса в специальной литературе и необходимостью иметь технологический процесс изготовления конкретной детали «Опора» на производстве с использованием спроектированного в работе приспособления.

Объектом исследования является деталь «Опора».

Цели и задачи исследования: создание эффективного маршрута технологического процесса изготовления детали «Опора».

В работе имеются следующие разделы.

Введение, в котором изложено обоснование выполнения ВКР и исторический экскурс.

В первом разделе «Технологическая часть» проектируется технология изготовления детали, рассчитываются припуски на обработку и технологические размеры, выполняется размерный анализ, рассчитываются режимы резания и требуемая мощность оборудования для каждой операции, рассчитывается время выполнения каждой операции.

Во втором разделе «Конструкторская часть» проектируется приспособление для закрепления детали.

В третьем разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» рассмотрен экономический анализ по оценке деловой привлекательности научной разработки.

В четвёртом разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на механическом участке.

В заключении приведены основные выводы.

Оглавление

Введение	9
1. Технологическая часть	9
1.1. Исходные данные	9
1.2. Анализ технологичности конструкции детали	11
1.3. Определение типа производства	12
1.4. Выбор исходной заготовки	13
1.5. Разработка маршрута технологии изготовления детали.....	13
1.6. Расчёт припусков и технологических размеров	18
1.6.1. Расчет минимальных припусков на обработку	19
1.6.2. Расчет технологических размеров	22
1.7. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.....	25
1.7.1. Определение допусков на конструкторские размеры	25
1.7.2. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров ...	26
1.8. Выбор оборудования.....	35
1.9. Расчет и назначение режимов обработки.....	38
1.9.1. Токарная обработка (01).....	38
1.9.2. Токарная обработка (02).....	50
1.9.3. Сверлильная операция (03).....	65
1.9.4. Сверлильная операция (04).....	69
1.10. Нормирование технологических процесса.....	71
2. Конструкторская часть	77
2.1. Анализ исходных данных и разработка технического задания на проектирование станочного приспособления	77
2.2. Разработка принципиальной расчетной схемы приспособления.....	77
2.3. Определение необходимой силы зажима.....	79
2.4. Приспособление для второй и шестой операций.....	81
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	86
Введение	86

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	86
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений	86
3.1.2. SWOT-анализ проекта	88
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	90
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	90
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	91
3.3 Бюджет научно-технического исследования.....	95
3.3.1. Расчет материальных затрат проекта	96
3.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	96
3.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	97
3.3. 4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления). 100	
3.3.5 Накладные расходы	100
3.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	101
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	101
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	104
ВВЕДЕНИЕ.....	106
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	106
4.2. Производственная безопасность	106
4.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов.	108
4.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	111
4.5. Экологическая защита	112
4.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	113
4.7. Вывод.....	114
5. Заключение	115

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	116
Приложение А (обязательное)	
Чертеж детали	121
Приложение Б (обязательное)	
Карта технологического процесса.....	123
Приложение В (обязательное)	
Комплексная схема обработки детали	127
Приложение Г (обязательное)	
Граф технологических размеров.....	129
Приложение Д (обязательное)	
Приспособление для сверлильной операции.....	131
Приложение Е (обязательное)	
Спецификация для приспособления.....	133

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является ключевой отраслью в индустриальном обществе, так как именно создание средств производства обеспечивает экономическую независимость и безопасность государства.

Актуальность темы дипломного проекта определяется необходимостью разработки технологии изготовления детали «Опора» для последующего изготовления этой детали в серийном производстве.

Целью данной работы является разработка необходимых документов и выполнение расчётов для организации производства по изготовлению детали, выданной предприятием, на котором планируется её обработка.

Для достижения цели необходимо решение следующих задач: выбор заготовки, рациональных способов обработки, оборудования и режущих инструментов, составление технологического процесса, выполнение размерного анализ техпроцесса, расчёт режимов резания и норм времени изготовления детали, проектирование приспособления для выполнения операции, разработка вопросов финансового менеджмента и обеспечение безопасности работы.

Выпускная квалификационная работа содержит основные разделы: технологический, конструкторский, финансового менеджмента, социальной ответственности. В выпускной квалификационной работе решается задача по созданию эффективного технологического процесса изготовления детали.

1. Технологическая часть

1.1. Исходные данные

Деталь, на которую необходимо спроектировать технологический процесс, представлена на рисунке 1.1. На чертеже имеются все необходимые виды и разрезы, её конфигурация понятна, указаны все размеры и требуемая точность и шероховатость, указаны требования к расположению поверхностей. На чертеже указан материал и требования к термообработке, указан вес детали и указан правильный масштаб. Годовая программа выпуска детали 5000 шт.

1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Деталь – корпус датчика давления переходной изготовлен из стали 40 ГОСТ 4543-71, которая легко поддается механической обработке. Т.к. деталь короткая и нет больших перепадов диаметров, то в качестве заготовки для данной детали применяем прутки горячекатаный. Деталь имеет достаточно простую конфигурацию, у неё нет сложных поверхностей, поэтому механическую обработку можно выполнять на универсальных станках и использовать простой инструмент. Обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, деталь является достаточно жесткой.

Деталь имеет совокупность поверхностей, которые могут быть использованы в качестве технологических баз. Особых требований к точности размеров не предъявляется, за исключением $\varnothing 60h7$ с шероховатостью не более $Ra0,8$ мкм.

Не указанная шероховатость поверхностей имеет параметр $Ra6,3$ мкм, что требует применение малой подачи и соответствующего радиуса округления режущей кромки даже при черновой обработки по 12 качеству.

Повышенные требования к радиальному и торцевому биению на некоторые поверхности потребуют использования точного приспособления – цангового патрона.

Т.к. на чертеже указана твердость HRC 38-42, то потребуется закалка с последующим отпуском для получения мелкозернистой структуры, после закалки точные поверхность необходимо будет шлифовать.

Деталь имеет небольшую длину наружных цилиндрических поверхностей, которые могут быть использованы как базовые, поэтому для закрепления заготовки после переустановки потребуется использовать цанговый патрон даже на второй операции.

В целом деталь является технологичной.

1.3. Определение типа производства

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле [1,стр.20]:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}} \quad (1)$$

Где $t_{в}$ -такт выпуска детали, мин ;

$T_{ср}$ – среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса, мин.

Такт выпуска детали определяем по формуле

Где $F_{г}$ –годовой фонд времени работы оборудования, мин;

Такт выпуска детали определяем по формуле [1,стр.21]:

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}} \quad (2)$$

Где $F_{г}$ – годовой фонд времени работы оборудования, мин ;

$N_{г}$ - годовая программа выпуска деталей

Годовая программа выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяем по табл.5 [1,стр.22] при двухсменном режиме работы: $F_{г} = 4029$ ч

Тогда

$$t_{в} = \frac{F_{г}}{N_{г}} = \frac{4029 * 60}{5000} = 48,3 \text{ мин}$$

Среднее штучно–калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса:

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} \quad (3)$$

Где $T_{ш.к.i}$ —штучно-калькуляционное время i -ой основной операции, мин ;

n -количество основных операций.

В качестве основных операций выберем 3 операций : две токарные и одна сверлильная операция (см. операционную карту).

Среднее штучно-калькуляционное время на выполнение операций технологического процесса определяем по формул. (3).

$$T_{\text{ср}} \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{ш.к.}i}}{n} = \frac{4.33 + 10.53 + 2.15 + 2.84 + 2.17}{5} = 4.4 \text{ мин}$$

Тип производства определяем по форм.(1).

$$K_{3.0} = \frac{t_{\text{в}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{48,3}{4,4} = 11,98$$

Так как $10 < K_{3.0} = 11,98 < 20$, то тип производства – среднесерийное производство.

1.4. Выбор исходной заготовки

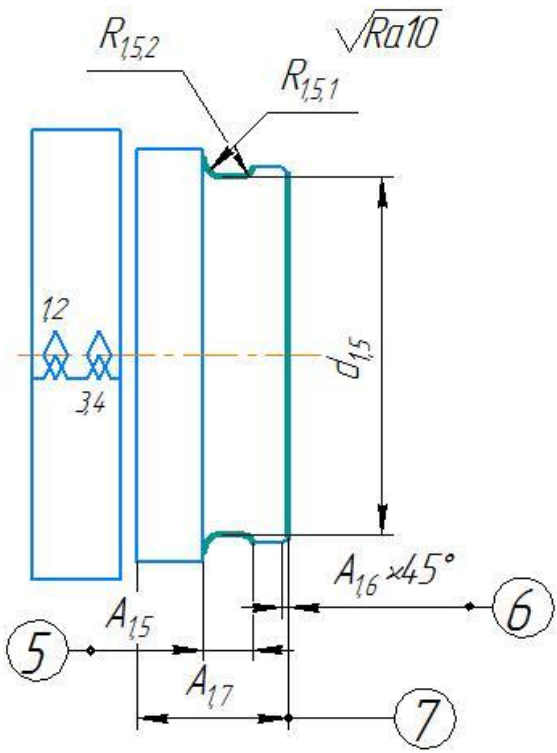
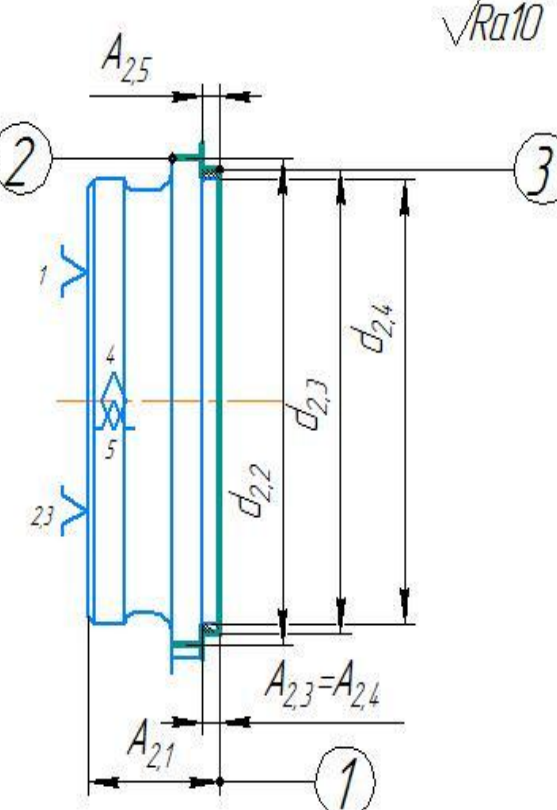
С учетом технологических свойств материала детали (Сталь 40Х ГОСТ 4543-71), ее конфигурации, габаритов, а также типа производства (среднесерийное), выбираем в качестве исходной заготовки прокат стальной, горячекатаный, круглый (КРУГ 70В ГОСТ 2590-88), который будем обрабатывать на токарном станке с одной стороны по максимуму, а затем отрезать. Эти мерные заготовки будем обрабатывать на следующих операциях – на универсальном оборудовании (или на токарных станках с ЧПУ для увеличения гибкости производства).

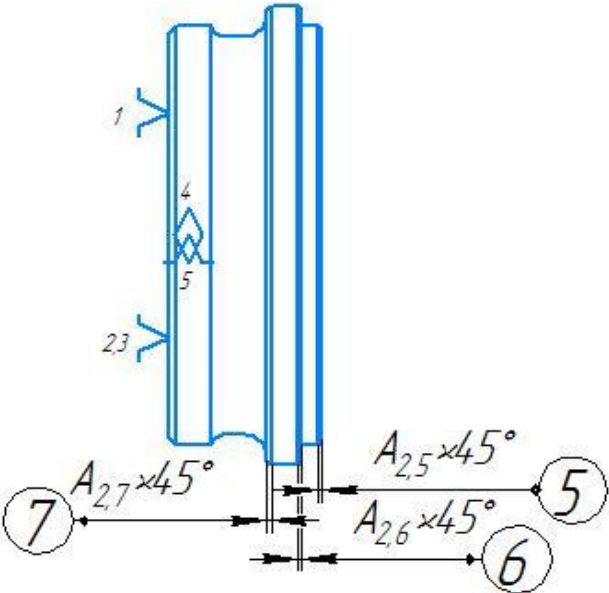
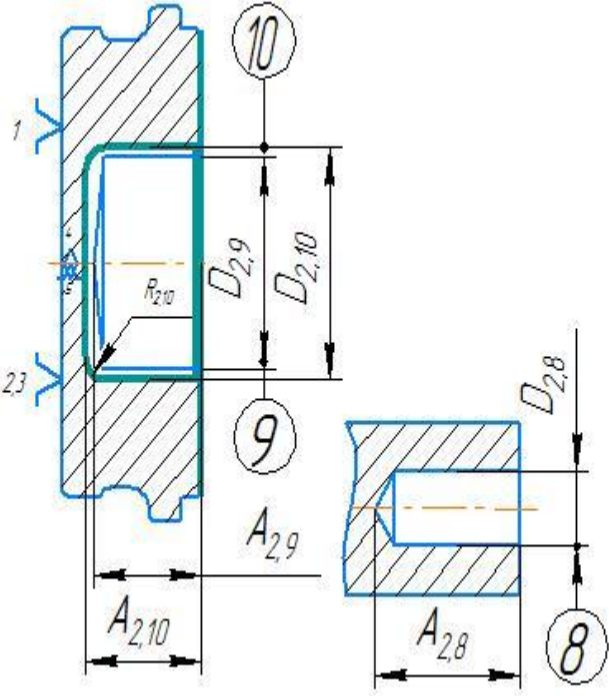
1.5. Разработка маршрута технологии изготовления детали

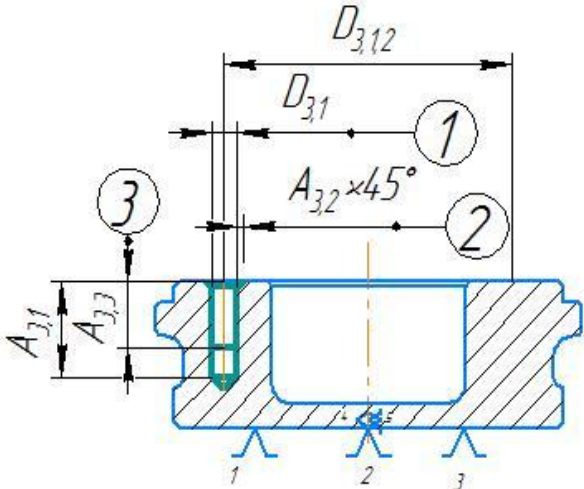
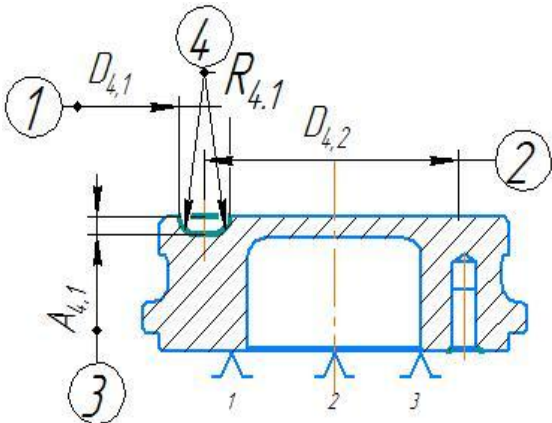
Маршрут обработки записываем в табл. 1.1 вместе с операционными эскизами.

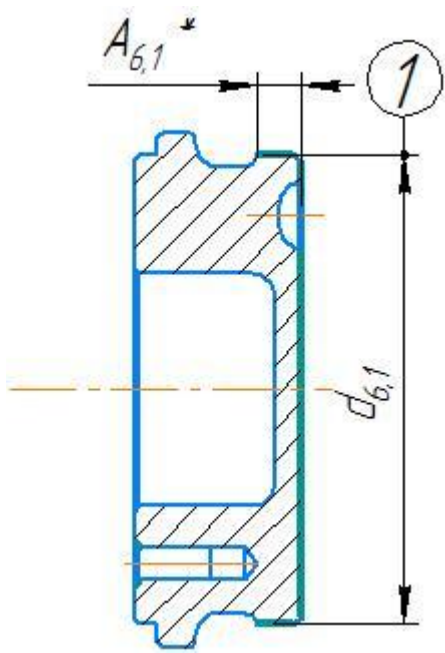
Таблица 1.1 – **Маршрут технологии изготовления детали**

№		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операци	Переход		
1	0	Токарная Установить и закрепить заготовку	
	1	обточить торец (1), выдерживая размер $A_{1.1}=Z_{1.1}$	
	2	обточить поверхность (2), выдерживая размер $d_{1.2}$ ($h13$) на длину $A_{1.2}$	
	3.	обточить пов. (3), выдерживая размер $d_{1.3}$ ($h12$) на длину $A_{1.3}$	
	4	обточить пов. (3), выдерживая размер $d_{1.4}$ ($h9$) на длину $A_{1.4}$	

1	5	<p>обточить поверхность (5) выдерживая размеры $A_{1.5}$ $R_{1.5.1}$, $d_{1.5}$ $R_{1.4.2}$,</p>	
	6	<p>обточить фаску 6</p>	
	7	<p>отрезать заготовку в размер $A_{1.7}$</p> <p>Снять заготовку</p>	
2	0	<p>Токарная</p> <p>Установить и закрепить заготовку;</p>	
	1	<p>обточить торец 1, выдерживая размер $A_{2.1}$</p>	
	2	<p>обточить поверхность 2, выдерживая размер $d_{2.2}$. (h12)</p>	
	3	<p>обточить поверхность 3, выдерживая размер $d_{2.3}$. (h12) на длину $A_{2.3}$</p>	
	4	<p>обточить поверхность 2, выдерживая размер $d_{2.4} = \text{Ø}60\text{d}9$ на длину $A_{2.4}$</p>	

<p>5</p> <p>6</p> <p>7</p>	<p>обточить фаску 5</p> <p>обточить фаску 6</p> <p>обточить фаску 7</p>	
<p>8</p> <p>9</p> <p>11</p>	<p>Сверлить отверстие (8) $\varnothing D_{2,8}$ на глубину $A_{2,8}$ мм</p> <p>Рассверлить отверстие (9) $\varnothing D_{2,9}$ на глубину $A_{2,9}$ мм</p> <p>Расточить отверстие (10) $\varnothing D_{2,10}$, выдерживая размеры $A_{2,10}$, $R_{2,10}$.</p> <p>Снять заготовку</p>	

3	<p>0 Сверлильная Установ А Установить и закрепить заготовку, установить на неё кондукторную плиту.</p> <p>1 Сверлить 6 отверстий (1) поочерёдно, выдерживая размеры $D_{3.1,2}$ и $A_{3.1}$</p> <p>Установ Б Снять кондукторную плиту с заготовки</p> <p>2 Зенковать шесть фасок (2) поочерёдно, выдерживая размер $A_{3.2}$</p> <p>3 Нарезать резьбу $M6 \times 1-7H$ в шести отверстиях (1) поочерёдно, выдерживая размер (3)</p> <p>Снять заготовку</p>	
4	<p>0 Сверлильная Установить и закрепить заготовку, установить на неё кондукторную плиту.</p> <p>1 Сверлить 6 отверстий (1) поочерёдно, выдерживая размеры (2), (3) и (4)</p> <p>Снять заготовку</p>	

5		Термообработка	Закалить (840°C) среда - масло Отпустить до 38...42 HRC (400-500 $^{\circ}\text{C}$)
1.6.	Р а		
6	с У е т 1 п р и п у с к о	Круглошлифовальная Установить и закрепить заготовку Шлифовать поверхность (1) выдерживая размеры $\varnothing d_{6,1}$ и $A_{6,1}^*$ Снять заготовку	

1.6. Расчёт припусков и технологических размеров

Чертим комплексную схему обработки и анализируем, все ли конструкторские размеры выдерживаются непосредственно, т.е. совпадают ли окончательные технологические размеры с конструкторскими. Если этого нет, то выделяем размерные цепи, в которые входит не выдерживаемый конструкторский размер и минимальное количество технологических размеров.

1.6.1. Расчет минимальных припусков на обработку

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей типа «тело вращения» производим, пользуясь основной формулой (учитывая малую вероятность совпадения направления погрешность заготовки из-за коробления ρ_{i-1} и погрешности установки ε_i):

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (1)$$

где: $2Z_{min.i}$ – минимальный припуск на диаметр для рассматриваемой обработки, мкм;

$R_{z.i-1}$ – шероховатость поверхности после предыдущей обработки, мкм;

$T_{def.i-1}$ – толщина дефектного слоя после предыдущей обработки, мкм;

ρ_{i-1} – погрешность заготовки из-за коробления после предыдущей обработки, мкм; ε_i – погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки).

Расчет минимальных значений припусков для тел вращения можно производить и с учетом совпадения направлений ρ_{i-1} и ε_i :

$$2Z_{min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (2)$$

Расчет минимальных значений припусков для поверхностей не тел вращения производим с учетом совпадения направлений ρ_{i-1} и ε_i :

$$Z_{min.i} = R_{z.i-1} + T_{def.i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i,$$

Суммарное отклонение погрешности по короблению и смещению ρ определяем по формуле:

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2},$$

где: $\rho_{см}$ – погрешность заготовки по смещению относительно оси в радиальном направлении; $\rho_{кор}$ – погрешность заготовки по короблению.

Расчет припусков при обработке наружной поверхности Ø66h12_(-0,3)

Расчет минимальных припусков на обработку наружной поверхности Ø66h12_(-0,3) ведем путем составления табл. 2, в которую последовательно этапы обработки поверхности по каждому переходу и все значения элементов

припуска. Расчёты выполняем по уравнению (2), результат расчёта записываем в столбец

Припуск на диаметр под обдирку по 13 качеству:

$$2Z_{1,2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(60+140+300+100) = 1200$$

мкм;

Припуск на диаметр под окончательную обточку по 12 качеству:

$$2Z_{2,2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(40+60+100) = 400 \text{ мкм.}$$

Припуск на диаметр под окончательную обточку по 9 качеству:

$$2Z_{2,3 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(40+60+40) = 280 \text{ мкм.}$$

Расчет припусков при обработке наружной поверхности $\varnothing 60d_{-0.1}^{0.174}$

Под обточку по 12 качеству:

$$2Z_{2,5 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(10+20+20) = 100 \text{ мкм;}$$

Расчет припусков при обработке наружной поверхности $\varnothing 60h7_{-0.03}$

Под черновую обточку по 9 качеству:

$$2Z_{1,4 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(10+20+20) = 100 \text{ мкм;}$$

Под обточку по 7 качеству:

$$2Z_{6,2 \min.i} = 2(R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 2(20+120+60+30) = 460 \text{ мкм.}$$

Расчет минимальных припусков при обработке опоры по длине 19h14

Под обточку (по 12 качеству правого торца)

$$Z_{1,1 \min.i} = (R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 60 + 140 + 300 + 100 = 600 \text{ мкм;}$$

Под обточку (по 12 качеству левого торца):

$$Z_{1,7 \min.i} = R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i = 40+60+100 = 200 \text{ мкм;}$$

Под обточку (по 12 качеству левого торца) :

$$Z_{2,1 \min.i} = (R_{z.i-1} + T_{\text{деф.}i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i) = 40 + 140 + 300 = 500 \text{ мкм;}$$

Таблица 1.2 - Расчет минимальных припусков и технологических размеров

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2z_{\min}$, мкм	Допуск T , мкм	$d_{\text{пр}}$, мм	Предельный размер, мм	
	R_z , мкм	$T_{\text{деф.}}$, мкм	ρ , мкм	ε , мкм				d_{\min} , мм	d_{\max} , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обточка $\varnothing 66h12_{(-0,3)}$									
Прокат ($h14$) $d_{0,1}$	60	140	300	----		740	70h14	68,06	68.8
Обточка черновая ($h13$) $d_{1,2}$	40	60	100	100	$2 \cdot 600 = 1200$	460	66.9h13	66,4	66,86
Обточка окончательная ($h12$) $d_{2,2}$	40	60	40	0	$2 \cdot 200 = 400$	300	66h12	65.7	66
Обточка $\varnothing 60d9_{(-0.1 \over -0.174)}$									
Обточка черновая $d_{2,3} h12$	40	60	40	-	напуск от 66h12 до 60,5h12	300	60,5h12	60.18	60.48
Обточка $d_{2,4} = \varnothing 60d9$	10	20	20	0	$2 \cdot 140 = 280$	74	$\varnothing 60d9$	59,826	59,9
Обточка $\varnothing 60h7_{-0.03}$									
Черновая обточка ($h12$) $d_{1,3}$	10	20	20	0	напуск от $\varnothing 67,1h13$ ($d_{2,3}$) до $\varnothing 61,1h12$ ($d_{1,3}$)	300	$\varnothing 61,1h12$	60,7	61,1
Обточка ($h9$) $d_{1,4}$	10	20	20	0	$2 \cdot 50 = 100$	74	$\varnothing 60,6h9$	60,46	60,534
Термическая обработка (закалка+отпуск HRC 38...42)	20	120	60				-	-	-
Шлифование $d_{6,1} = \varnothing 60h7$	7	20	30	30	$2 \times 230 = 460$	30	$\varnothing 60h7$	59.97	60
Обточка для выдерживания длины детали $19h12_{(-0,21)}$									
Прокат, обточка правого торца $A_{0,1}$	60	140	300	-		520	22h14	21.03	21.55
Обточка правого торца $A_{1,2} (h12)$	40	60	100	100	600	210	20.5h12	20.22	20,43
Отрезка левого торца $A_{1,7} (h14)$	60	140	300	-	200	520	20.3h14	19.5	20.02
Обточка левого торца $A_{2,1} (h12)$	40	60	40	-	500	210	19h12	18.79	19

1.6.2. Расчет технологических размеров

Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 66h9(-0,074)$

Расчет технологических размеров выполняем исходя из размерного анализа технологического процесса обработки, для чего составляем размерные цепи.

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\varnothing 66h12(-0,3)$ (рис. 1.6.1) и записываем в таблицу. 1.2. Технологический размер A_3 должен быть равен конструкторскому K , т.е.:

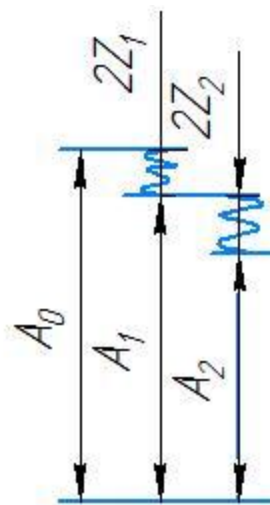


Рис.1.6.1 Размерные цепи для расчета технологических размеров при обработке наружной поверхности $\varnothing 66h9$

$$d_{2.2} = A_2 = K = 66h12(-0,3) \text{ мм}$$

- здесь и далее **технологический размер** будет указываться **с индексом**, состоящим **из двух цифр**: первая цифра индекса указывает номер операции, где выдерживается рассматриваемый технологический размер, а вторая цифра индекса указывает номер технологического перехода. Аналогично выполняется обозначение припусков – $z_{i,j}$.

- Находим технологический размер A_1 , используя размерную цепь :

$$d_{1.2 \min} = A_{1 \min} = A_{2 \max} + 2z_{1 \min} = d_{2.2 \max} + 2z_{2.2 \min} = 66 + 0,4 = 66,4 \text{ мм};$$

$$d_{1.2 \max} = A_{1 \max} = A_{1 \min} + Td_2 = d_{1.2 \min} + Td_{2.2} = 66,4 + 0,46 = 66,86 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{1.2 \text{пр}} = 66,9h13(-0,46) \text{ мм}$.

- Находим технологический размер A_0 , используя размерную цепь :

$$d_{0.1 \min} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2z_{1 \min} = d_{1.2 \max} + 2z_{1.2 \min} = 66,86 + 1,2 = 68,06 \text{ мм};$$

$$d_{0.1 \max} = A_{0 \max} = A_{1 \min} + Td_0 = d_{1.2 \min} + Td_0 = 68,06 + 0,74 = 68,8 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{0.1 \text{пр}} = 70h14(-0,74) \text{ мм}$.

Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 60d9(-0.1_{-0.174})$

Вычерчиваем размерные цепи при обработке наружной поверхности $\varnothing 60d9(-0.1_{-0.174})$ (рис. 1.6.2) и записываем в таблицу 1.2. Технологический размер A_4 должен быть равен конструкторскому K , т.е.:

$$d_{2.4} = A_1 = K = \varnothing 60d9(-0.1_{-0.174}) \text{ мм}$$

• Находим технологический размер $d_{2.3}=A_0$, используя размерную цепь:

$$d_{2.3 \min} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2z_{1 \min} = d_{2.4 \max} + 2z_{2.4 \min} = 59.9 + 0.28 = 60.18 \text{ мм};$$

$$d_{2.3 \max} = A_{0 \max} = A_{1 \min} + Td_0 = d_{2.3 \min} + Td_{2.3} = 60.18 + 0.3 = 60.48 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{2.3 \text{ пр}} = 60.5h12(-0.3) \text{ мм}.$

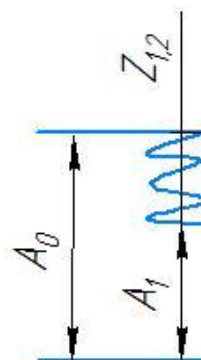


Рис.1.6.2. Размерные цепи для расчета технологических размеров при обработке наружной поверхности $\varnothing 60d9$

Расчет технологических размеров при обработке $\varnothing 60h7(-0.03)$.

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке отверстия $\varnothing 60h7(-0.03)$ (рис.1.6.3) и записываем в таблицу 1.2.

Технологический размер A_2 должен быть равен конструкторскому K , т.е.:

$$d_{6.1} = A_2 = K = \varnothing 60h7(-0.03) \text{ мм}.$$

• Находим технологический размер $d_{1.4}=A_1$, используя размерную цепь :

$$d_{1.4 \max} = A_{2 \min} = A_{2 \max} + 2z_{2 \min} = d_{6.1 \max} + 2z_{6.1 \min} = 60 + 0.46 = 60.46 \text{ мм};$$

$$d_{1.4 \min} = A_{2 \max} = A_{2 \min} + Td_1 = d_{1.4 \max} + Td_{1.4} = 60.46 + 0.074 = 60.534 \text{ мм}.$$

Принятый технологический размер $d_{1.4 \text{ пр}} = 60.6h9(-0.074) \text{ мм}.$

• Находим технологический размер $d_{1.3}=A_0$, используя размерную цепь:

$$d_{1.3 \max} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + 2z_{1 \min} = d_{1.4 \max} + 2z_{1.4 \min} = 60.6 + 0.1 = 60.7 \text{ мм};$$

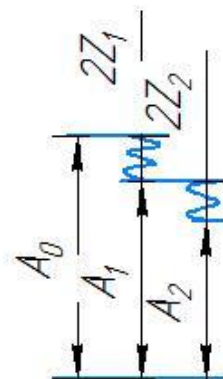


Рис.1.6.3. Размерные цепи для расчета технологических размеров при обработке наружной поверхности $\varnothing 60h7$

$$d_{1,3 \min} = A_{0 \min} = A_{1 \max} + Td_0 = d_{1,3 \max} + Td_0 = 60,7 + 0,3 = 61 \text{ мм.}$$

Принятый технологический размер $d_{1,3 \text{ пр}} = 61,1 \text{ h}12_{(-0,3)} \text{ мм.}$

Расчет технологических размеров при обработке опоры по длине 19h12(0,21)

Вычерчиваем размерные цепи, получающиеся при обработке фланца по длине

19h9(0,21) (рис. 1.6.4).

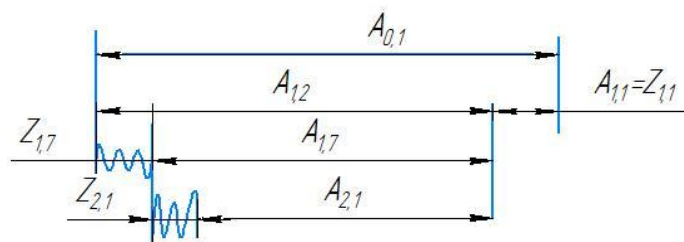


Рис.1.6.4. Размерные цепи для расчета технологических размеров при обработке опоры по длине 19h9

- Находим технологический размер $A_{2,1}$, используя размерную цепь:

$$Z_{2,1 \min} = A_{1,7 \min} - A_{6,1 \max};$$

При этом учитываем, что $A_{2,1} = 19\text{h}9_{(-0,21)} \text{ мм}$

- Находим технологический размер $A_{1,7}$, используя размерную цепь:

$$A_{1,7 \min} = A_{2,1 \max} + Z_{2,1 \min} = 19 + 0,5 = 19,5 \text{ мм;}$$

$$A_{1,7 \max} = A_{1,7 \min} + TA_{1,7} = 19,5 + 0,52 = 20,2 \text{ мм.}$$

где $TA_{1,7} = 0,52 \text{ мм}$ (допуск 14 квалитета).

Принимаем $A_{1,7 \text{ пр}} = 20,3 \text{ h}14$

- Находим технологический размер $A_{1,2}$, используя размерную цепь:

$$A_{1,2 \min} = A_{1,7 \max} + Z_{1,7 \min} = 20,02 + 0,2 = 20,22 \text{ мм;}$$

$$A_{1,2 \max} = A_{1,1 \min} + TA_{1,1} = 20,22 + 0,21 = 20,43 \text{ мм.}$$

где $TA_{1,2} = 0,21 \text{ мм}$ (допуск 12 квалитета)

Принимаем $A_{1,2 \text{ пр}} = 20,5 \text{ h}12$

- Находим технологический размер $A_{0,1}$, используя размерную цепь :

$$A_{0,1 \min} = A_{1,2 \max} + Z_{1,1 \min} = 20,43 + 0,6 = 21,3 \text{ мм;}$$

$$A_{0,1max} = A_{0,1min} + TA_{0,2} = 21.03 + 0.52 = 21.55 \text{ мм.}$$

где $TA_{0,1} = 0.52 \text{ мм}$ (допуск 14 квалитета)

Принимаем $A_{0,1пр} = 23h14$.

1.7. Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали

1.7.1. Определение допусков на конструкторские размеры

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам. Допуски размеров, получаемых на операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности. Эти таблицы включают в себя статистические данные по погрешностям размеров заготовок, обрабатываемых на различных металлорежущих станках. Величина допуска непосредственно зависит от вида и метода обработки, используемого оборудования, числа рабочих ходов и размера обрабатываемой поверхности.

Конструкторские осевые размеры и их допуски:

$$K_1 = 19h12 \text{ мм; } TK_1 = 0,21 \text{ мм;}$$

$$K_2 = 11h12 \text{ мм; } TK_2 = 0,18 \text{ мм;}$$

$$K_3 = 5h12 \text{ мм; } TK_3 = 0.12 \text{ мм;}$$

$$K_4 = 16h12 \text{ мм; } TK_4 = 0,18 \text{ мм;}$$

$$K_5 = 12h12 \text{ мм; } TK_5 = 0,18 \text{ мм;}$$

$$K_6 = 9h12 \text{ мм; } TK_6 = 0,15 \text{ мм;}$$

$$K_7 = 1js12 \text{ мм; } TK_7 = 0.1 \text{ мм;}$$

$$K_8 = 0.6js12 \text{ мм; } TK_8 = 0.1 \text{ мм;}$$

$$K_9 = 0.6js12 \text{ мм; } TK_9 = 0.1 \text{ мм;}$$

$$K_{10} = 0,6js12 \text{ мм; } TK_{10} = 0.1 \text{ мм;}$$

$$K_{11} = 0,6js12 \text{ мм } TK_{11} = 0.1 \text{ мм}$$

$$K_{12} = 2.75H12 \text{ мм } TK_{12} = 0.1 \text{ мм;}$$

$$K_{13} = 5h12 \text{ мм } TK_{13} = 0.12 \text{ мм;}$$

Конструкторские диаметральные размеры и их допуски:

$$K_{D1} = \varnothing 66h12 \text{ мм}; \quad TK_{D1} = 0,3 \text{ мм};$$

$$K_{D2} = \varnothing 60d9 \text{ мм} \quad TK_{D2} = 0,274 \text{ мм};$$

$$K_{D3} = \varnothing 60h7 \text{ мм}; \quad TK_{D3} = 0,03 \text{ мм};$$

$$K_{D4} = \varnothing 30H12 \text{ мм}; \quad TK_{D4} = 0,25 \text{ мм};$$

$$K_{D5} = 6H12 \text{ мм} \quad TK_{D5} = 0,15 \text{ мм};$$

$$K_{D6} = \varnothing 45H12 \text{ мм}, \quad TK_{D6} = 0,25 \text{ мм}.$$

$$K_{D7} = \varnothing 9^{+0.1} \text{ мм} \quad TK_{D7} = 0,1 \text{ мм};$$

$$K_{D8} = \varnothing 44 \pm 0.02 \text{ мм}, \quad TK_{D8} = 0,04 \text{ мм}.$$

1.7.2. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

Составными звеньями в технологических размерных цепях обычно являются технологические размеры, указанные в технологической документации (размеры исходной заготовки; все размеры, полученные механической обработкой). Технологические размеры могут совпадать с размерами, указанными на чертеже, то есть с расчетными размерами. В этом случае говорят, что проектные размеры поддерживаются напрямую, и ничего не нужно рассчитывать.

Если технологический размер не совпадает с проектным, необходимо определить размерную цепочку, которая включает в себя рассмотренный проектный размер и технологические размеры, необходимые для его реализации. В этом случае закрывающие звенья в технологических размерных цепочках являются проектными размерами, но также могут быть допуски на обработку. Поскольку номинальный размер и отклонения устанавливаются для проектного размера, такие закрывающие размеры называются начальными, т. Е. На их основе требуется рассчитывать номинальные размеры и отклонения технологических размеров. Мы последовательно рассмотрим размерные цепочки с одним неизвестным технологическим размером и рассчитаем номинальный размер и отклонения этой ссылки. Если существует несколько неизвестных размеров, то мы рассчитываем допуски для неизвестных размеров

(обычно методом равной точности), а затем устанавливаем номинальные размеры и отклонения для всех неизвестных технологических размеров, кроме одного, для которого будет принято решение.

Исходные данные для размерного анализа:

1. Чертёж детали;
2. Технологический процесс обработки заготовки.

Составляем комплексную схему обработки детали (рис. 1.7.1), в которой указываем конструкторские размеры, технологические размеры, выдерживаемые на каждом переходе, и припуски.

На основании комплексной схемы обработки детали чертим схему (граф) всех размеров, в которой указываем конструкторские размеры (обозначаем кривыми линиями), технологические размеры, выдерживаемые на каждом переходе (обозначаем прямыми линиями), и припуски (обозначаем волнистыми линиями) (рис. 1.7.2). Если конструкторский размер дублируется технологическим размером, то это означает, что он выдерживается непосредственно. Конструкторские осевые размеры (К) выдерживаемые непосредственно при получении технологических размеров (А):

$$K_1 = A_{2,1} = 19h12_{(-0.21)} \text{ мм};$$

$$K_2 = A_{1,3} = A_{1,4} = 11h12_{(-0.18)} \text{ мм};$$

$$K_4 = A_{2,10} = 16h12_{(-0.18)} \text{ мм};$$

$$K_5 = A_{3,1} = 12h12_{(-0.18)} \text{ мм};$$

$$K_6 = A_{3,3} = 9h12_{(-0.15)} \text{ мм};$$

$$K_8 = 0.6js12_{(\pm 0.05)} \text{ мм};$$

$$K_9 = 0.6js12_{(\pm 0.05)} \text{ мм};$$

$$K_{10} = 0.6js12_{(\pm 0.05)} \text{ мм};$$

$$K_{11} = 0.6js12_{(\pm 0.05)} \text{ мм};$$

$$K_{12} = 2.75h12_{(-0.1)} \text{ мм}$$

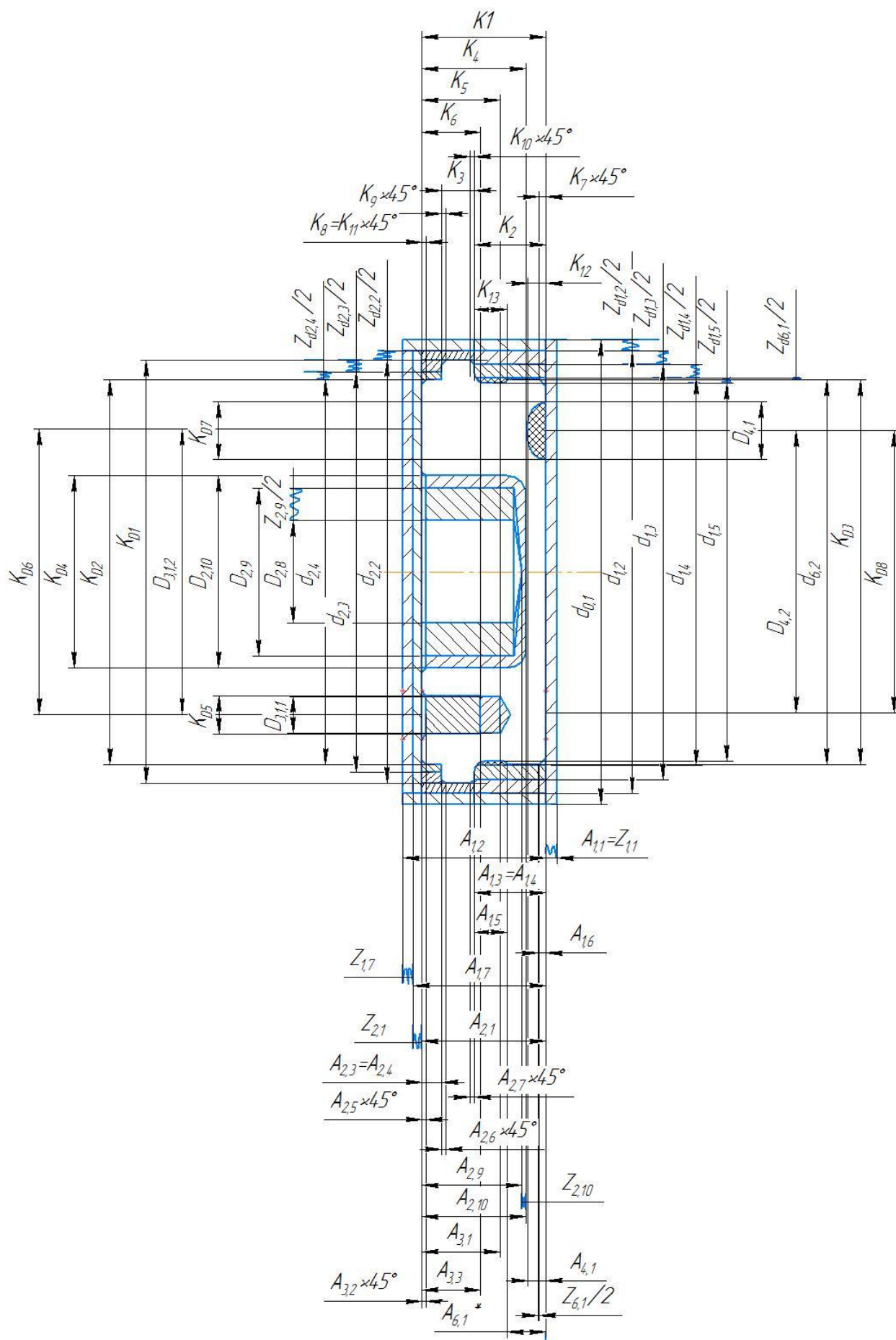


Рис. 1.7.1. Комплексная схема обработки детали

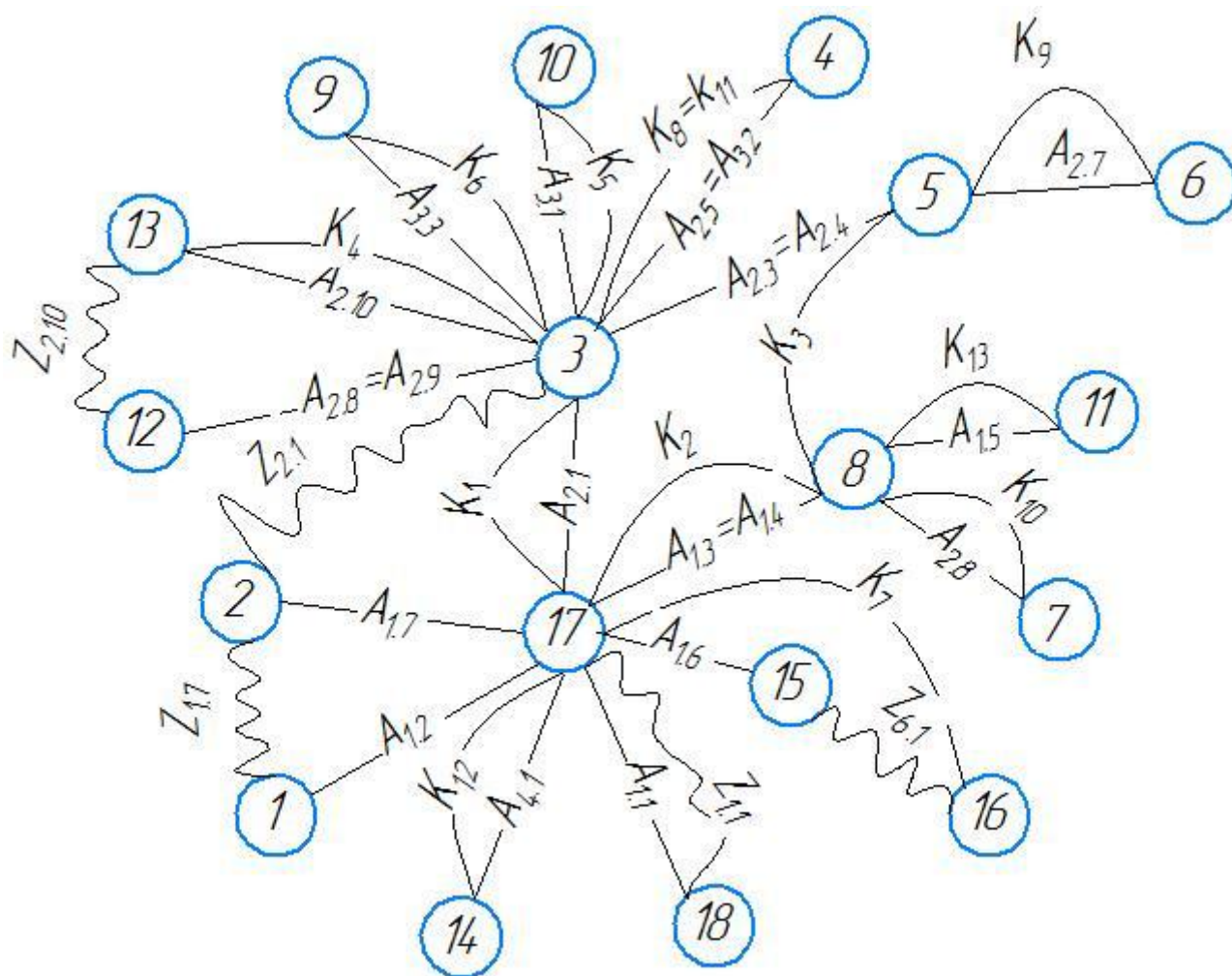
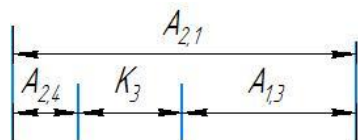


Рис. 1.7.2. Граф конструкторских и технологических размеров, припусков

Размерные цепи на конструкторские размеры, которые не выдерживаются непосредственно

Рассмотрим размерную цепь для размера K_3 :



Уравнение для K_3 :

$$K_3 = A_{2.1} - (A_{2.4} + A_{1.3});$$

Сначала определяем возможность решения по сумме допусков всех составляющих звеньев: их сумма должна быть меньше или равна допуску исходного (конструкторского) звена, т.е. $\sum TA_{i,j} \leq TK_3$.

$$\sum TA_{i,j} = TA_{2.1} + TA_{2.4} + TA_{1.3} = 0,21 + 0,18 + TA_{2.4} = 0,39 + TA_{2.4} > TK_3 = 0,12 \text{ мм.}$$

Т.к. **неравенство не выдерживается**, а **увеличить точность** составляющих технологических размеров **экономически не целесообразно** (потребуется обрабатывать их по 7-9 качеству), то **по согласованию с конструктором увеличиваем допуск на конструкторский размер** (назначаем 14 квалитет вместо 12): $TK^*_3 = 0,3 \text{ мм}$, т.е. новый конструкторский размер $K^*_3 = 5h14(-0,3) \text{ мм}$. Дополнительно мы уменьшаем допуски на технологические размеры (выполнять их будем по 11 квалитету вместо 12): $A^*_{2.1} = 19,5_{-0,13} \text{ мм}$; $A^*_{1.3} = 11_{-0,11} \text{ мм}$. Номинальные размеры оставляем прежние, т.к. их изменять нельзя. Пишем основное уравнение размерной цепи и рассчитываем номинальный размер звена $A_{2.4}$ относительно исходного K_3 :

$$K_3 = A^*_{2.1} - (A_{2.4} + A^*_{1.3});$$

$$5 = 19,5 - (A_{2.4} + 11); \quad A_{2.4} = 19,5 - 11 - 5 = 3,5 \text{ мм};$$

Рассчитываем нижнее (**H**) и верхнее (**B**) отклонения звена $A_{2.4}$:

$$BK^*_3 = BA^*_{2.1} - (HA_{2.4} + HA^*_{1.3}); \quad HA_{2.4} = BA^*_{2.1} - HA^*_{1.3} - BK^*_3;$$

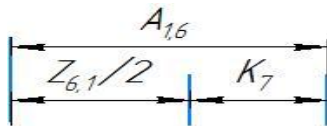
$$HA_{2.4} = 0 - (-0,11) - 0 = +0,11 \text{ мм};$$

$$BA_{2.4} = HA^*_{2.1} - BA^*_{1.3} - HK^*_3 = (-0,13) - 0 - (-0,3) = +0,17 \text{ мм};$$

$$TA_{2.4} = 0,06 \text{ мм (по 10-11 квалитету); } A_{2.4} = 3,5^{+0,17}_{+0,11}$$

Проверка решения: $\Sigma TA_{i,j} = TA_{2,1} + TA_{2,4} + TA_{1,3} = 0,13 + 0,06 + 0,11 = 0,3$ мм.
 $\Sigma TA_{i,j} = T_{K*3} = 0,3$ мм, расчёты выполнены правильно.

Рассмотрим размерную цепь для размера $K_7 = 1j_s 12(\pm 0,05) \times 45^\circ$ (длина фаски на поверхности $\varnothing d_{6,1}$). Технологический размер $\varnothing d_{6,1}$ равен конструкторскому размеру $\varnothing 60h7(-0,03)$.



Уравнение для $K_7 = 1j_s 12$:

$$K_7 = A_{1,6} - z_{6,1};$$

Для расчёта технологического размера $A_{1,6}$ (длина фаски на поверхности $\varnothing d_{1,4}$) необходимо рассчитать припуск $z_{6,1}$, который равен половине изменения диаметра $\varnothing d_{1,4} = \varnothing 60,6h9(-0,074)$ после шлифования $\varnothing d_{6,1} = \varnothing 60h7(-0,03)$, т.к. угол фаски 45° . исходя из таблицы 1.2. $z_{6,1 \min}$

Припуск на диаметр $2z_{6,1}$:

$$2z_{6,1} = (d_{1,4} - \varnothing d_{6,1}) = 60,6_{-0,074} - 60_{-0,03} = 0,6_{-0,074}^{+0,03} \text{ мм.}$$

Половина этого припуска (т.е. изменение на радиус заготовки)

$$z_{6,1} = 0,6_{-0,074}^{+0,03} / 2 = 0,3_{-0,037}^{+0,015} \text{ мм.}$$

«Допуск», т.е. изменение длины фаски, $Tz_{6,1} = 0,052$ мм.

Сначала определяем возможность решения по сумме допусков всех составляющих звеньев: их сумма должна быть меньше или равна допуску исходного (конструкторского) звена, т.е. $\Sigma TA_{i,j} \leq TK_7$.

$$\Sigma TA_{i,j} = TA_{1,6} + Tz_{6,1} = TA_{1,6} + 0,052 < T_{K7} = 0,1 \text{ мм.}$$

Рассчитываем наибольший возможный допуск на длину фаски $A_{1,6}$:

$TA_{1,6} = 0,1 - 0,052 = 0,048$ мм, что соответствует приблизительно 10 качеству ($IT10 = 0,04$ мм, $IT11 = 0,06$ мм).

Т.к. выдержать такую **точность** при обработке фаски **экономически не целесообразно**, то по согласованию с конструктором **увеличиваем допуск на конструкторский размер** (назначаем 14 качество вместо 12). Новый

конструкторский размер $K^*_7 = 1js14(\pm 0,125) \times 45^\circ$, допуск изменённого конструкторского размера K^*_7 $TK^*_7 = 0,25$ мм. Изменение фаски при шлифовании $z_{6.1} = 0,3^{+0,015}_{-0,037}$ мм.

$$K^*_7 = A_{1.6} - Z_{6.1}$$

$$1 = A_{1.6} - 0,3; \quad A_{1.6} = 1 + 0,3 = 1,3 \text{ мм};$$

Рассчитываем нижнее (Н) и верхнее (В) отклонения звена $A_{1.6}$:

$$BK^*_7 = BA_{1.6} - H_{Z_{6.1}}; \quad BA_{1.6} = BK^*_7 + H_{Z_{6.1}} = +0,125 + (-0,037) = +0,088 \text{ мм}.$$

$$HA_{1.6} = HK^*_7 + B_{Z_{6.1}} = (-0,125) + 0,015 = -0,11 \text{ мм};$$

$TA_{2.4} = +0,088 - (-0,11) = 0,198$ мм (между 13 и 14 квалитетами, поэтому проблем при выдерживании размера $A_{2.4}$ быть не должно).

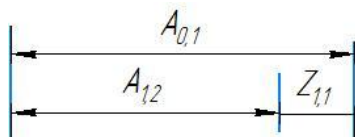
$$\text{Проверка решения: } \Sigma TA_{i,j} = TA_{1.6} + T_{Z_{6.1}} = 0,198 + 0,052 = 0,25 \text{ мм}.$$

$$\Sigma TA_{i,j} = T_{K^*_3} = 0,25 \text{ мм, расчёты выполнены правильно.}$$

$$\text{Принимаем } A_{1.6} = 1,3^{+0,088}_{-0,11} \text{ мм}.$$

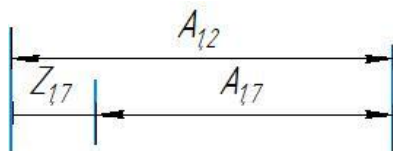
Выявляем **размерные цепи для расчета размера припусков**, которые будут необходимы для определения глубины резания при расчёте режимов резания.

Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{1.1}$



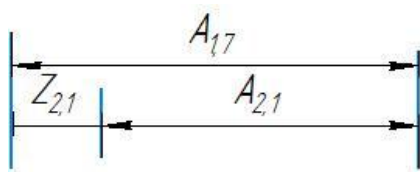
$$Z_{1.1} = A_{0.1} - A_{1.2} = 22_{-0.52} - 20,5_{-0.21} = 1,5^{+0.21}_{-0.52} \text{ мм}$$

Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{1.7}$



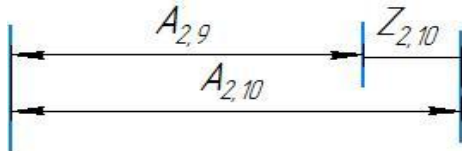
$$Z_{1.7} = A_{1.2} - A_{1.7} = 20,5_{-0.21} - 20,3_{-0.52} = 0,2^{+0.52}_{-0.21} \text{ мм}$$

Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{2.1}$



$$Z_{2.1} = A_{1.7} - A_{2.1} = 20,3_{-0.52} - 19_{-0.21} = 1,3_{-0.52}^{+0.21} \text{ мм}$$

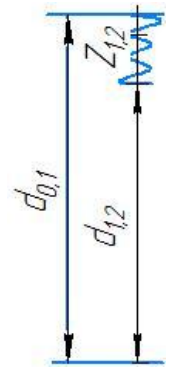
Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{2.10}$



$$Z_{2.9} = A_{2.9} - A_{2.8} = 16^{+0.18} - 14^{+0.18} = 2_{-0.18}^{+0.18}$$

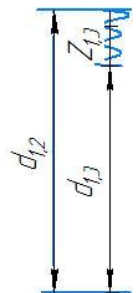
Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{1.2}$

$$Z_{1.2} = \frac{d_{0.1} - d_{1.2}}{2} = \frac{70_{-0.74} - 66,9_{-0.46}}{2} = 1,55_{-0.37}^{+0.23}$$



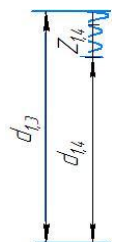
Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{1.3}$

$$Z_{1.3} = \frac{d_{1.2} - d_{1.3}}{2} = \frac{66,9_{-0.46} - 61,1_{-0.3}}{2} = 2,9_{-0.23}^{+0.15}$$



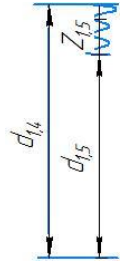
Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{1.4}$

$$Z_{1.4} = \frac{d_{1.3} - d_{1.4}}{2} = \frac{61,1_{-0.3} - 60,6_{-0.074}}{2} = 0,25_{-0.15}^{+0.37}$$



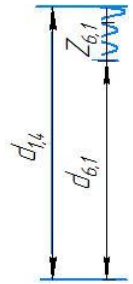
Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{1.5}$

$$Z_{1.5} = \frac{d_{1.4} - d_{1.5}}{2} = \frac{60.6_{-0.074} - 59_{-0.3}}{2} = 0.8^{+0.15}_{-0.037}$$



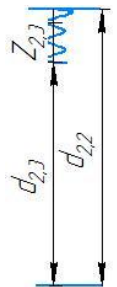
Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{6.1}$

$$Z_{6.1} = \frac{d_{1.4} - d_{6.1}}{2} = \frac{60.6_{-0.074} - 60_{-0.3}}{2} = 0.3^{+0.15}_{-0.037}$$



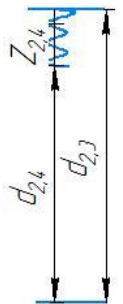
Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{2.2}$

$$Z_{2.2} = \frac{d_{1.2} - d_{2.2}}{2} = \frac{66.9_{-0.46} - 66_{-0.3}}{2} = 0.45^{+0.15}_{-0.23}$$



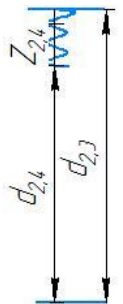
Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{2.3}$

$$Z_{2.3} = \frac{d_{2.2} - d_{2.3}}{2} = \frac{66_{-0.3} - 60.5_{-0.3}}{2} = 2.75^{+0.15}_{-0.15}$$



Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска $Z_{2.4}$

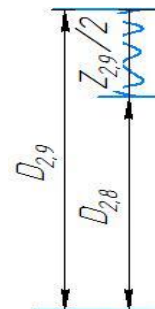
$$Z_{2.4} = \frac{d_{2.3} - d_{2.4}}{2} = \frac{60.5_{-0.3} - 60_{-0.074}}{2} = 0.25^{+0.037}_{-0.15}$$



Выявляем размерную цепь для расчета размера припуска

$Z_{2.4}$

$$Z_{2.9} = \frac{D_{2.9} - D_{2.8}}{2} = \frac{28^{+0.21} - 16^{+0.18}}{2} = 6^{+0.105}_{-0.09}$$



1.8. Выбор оборудования

Таблица 1.3 – Токарно-винторезный станок 16K20

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	400 мм
Наибольший диаметр обрабатываемый заготовки над суппортом	220 мм
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя	53мм
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	740;1000;1400;2000м
Частота вращения шпинделя	12,5-6000 об/мин
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта: Продольное Поперечное	1935 мм 300 мм
Мощность привода главного движения , кВт	11кВт
Скорость быстрого перемещения суппорта : Продольное Поперечное	3800 мм/мин 1900 мм/мин
Число ступеней подач	24
Подач суппорта продольных	0,05-2,8 мм/об
Подач суппорта поперечных	0,025-1,4 мм/об
Масса станка	3685 кг
Габариты станка	3795×1190×1500 мм

Таблица 1.4 – Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20ФЗ

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	400 мм
Наибольший диаметр обрабатываемый заготовки над суппортом	220 мм
Наибольший диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя	53мм
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	740;1000;1400;2000м
Частота вращения шпинделя	2,5-200 об/мин
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта: Продольное Поперечное	900 мм 250 мм
Мощность привода главного движения , кВт	10 кВт
Скорость быстрого перемещения суппорта : Продольное Поперечное	4800 мм/мин 2400 мм/мин
Число ступеней подач	-
Подач суппорта продольных	3-2000 мм/об
Подач суппорта поперечных	1,5-600 мм/об
Масса станка	3360 кг
Габариты станка	1710×1750×4000 мм

Таблица 1.5 – Вертикально-сверлильный станок 2Н118

Наибольший условный диаметр сверления в стали	18 мм
Размер рабочей поверхности стола	320×360 мм
Наибольшее расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола	650 мм
Вылет шпинделя	200 мм
Наибольший ход шпинделя	150 мм
Наибольший вертикальное перемещение сверлильной головки стола	300 мм
Конус Морзе отверстия шпинделя	2
Число скоростей шпинделя	9
Частота вращения шпинделя	180-2800 об/мин
Продольная и поперечная подача стола	11,2-500 мм/мин
Мощность привода главного движения	1.5 кВт
Масса	450 кг
Габариты станка	870×590×2080 мм

Таблица 1.6 – Кругошлифовальный станок 3М151Ф2

Наибольший размеры устанавливаемой заготовки: диаметр и длина	400 мм
Наибольший диаметр наружного шлифования	220 мм
Наибольшая длина наружного шлифования	53мм
Высота центров над столом	740;1000;1400;2000м
Наибольшее продольное перемещение стола	2,5-200 об/мин
Угол поворота стола : По часовой стрелке Против часовой стрелки	22
Скорость автоматического перемещения стола	
Конус Морзе шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки	11 кВт
Частота вращения шпинделя заготовки с бесступенчатым регулированием	
Наибольший размеры шлифовального круга: Наружного диаметра Высота	24
Частота вращения шпинделя шлифовального круга при наружном шлифовании	0,05-2,8 мм/об
Мощность привода главного движения	0,025-1,4 мм/об
Масса станка	3685 кг
Габариты станка	5400×2400×2170 мм

1.9. Расчет и назначение режимов обработки

1.9.1. Токарная обработка (01)

Переход 1: Получистовая обточка торца

Обрабатываемый материал сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Глубина резания $t = Z_{1.1} = 1.35$ мм

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.11$ мм/об

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x} K_v ;$$

T – среднее значение стойкость при одно-инструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0.9 * 1 = 0.9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1.35^{0.15} * 0.11^{0.35}} * 0.9 = 158.7 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 158.7}{3.14 * 70} = 722 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=800 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 70 * 800}{1000} = 175.8 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 1.35^1 * 0.11^{0.75} * 175.8^{-0.15} * 0.91 = 1157 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{1157 * 175.8}{1020 * 60} = 3.32 \text{ кВт}$$

Переход 2:Точение поверхности

$$\text{Глубина резания } t = \frac{d_{0.1}^{cp} - d_{1.2}^{cp}}{2} = \frac{69.63 - 66.67}{2} = 1.48 \text{ мм}$$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.23 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости при одно-инструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0,9 * 1 = 0,9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1,48^{0.15} * 0,23^{0.35}} * 0,9 = 156,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 156,6}{3,14 * 70} = 712,46 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=800 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 * 70 * 800}{1000} = 175,84 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 0.93;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 1.48^1 * 0.23^{0.75} * 175.84^{-0.15} * 0.91 \\ = 1268.5 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{1268.5 * 175.84}{1020 * 60} = 3.6 \text{ кВт}$$

Переход 3:Точение поверхности

Глубина резания $t = \frac{d_{1.2}^{cp} - d_{1.3}^{cp}}{2} = \frac{66.67 - 60.95}{2} = 2.86 \text{ мм}$, делим t на два прохода.

Тогда первый проход $t_1 = 1.5 \text{ мм}$, второй проход $t_2 = 1.36 \text{ мм}$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]: $s = 0.23 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкость при одно-инструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0.9 * 1 = 0.9$$

Определяем скорость резания :

Для первого прохода :

$$v_1 = \frac{C_v}{T^m t_1^{2S} y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1.5^{0.15} * 0.8^{0.2}} * 0.9 = 156.2 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Для второго прохода :

$$v_2 = \frac{C_v}{T^m t_1^{2S} y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1.36^{0.15} * 0.23^{0.2}} * 0.9 = 158.6 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

Для первого прохода:

$$n_1 = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 156.2}{3.14 * 66.9} = 743.57 \text{ об/мин}$$

Для второго прохода:

$$n_2 = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 158.6}{3.14 * 66.9} = 755 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n_1 = n_2 = 800 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V_1 = V_2 = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 67.17 * 800}{1000} = 168.7 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{\text{мр}} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{\text{мр}} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{\text{мр}} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 1 = 0.89$$

Главная составляющая силы резания

$$P_{z1} = 10 * C_p * t_1^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 1.5^1 * 0.23^{0.75} * 168.7^{-0.15} * 0.89 \\ = 1605.1 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 * C_p * t_2^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 1.36^1 * 0.8^{0.75} * 168.7^{-0.15} * 0.89 \\ = 1172.86 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N_1 = \frac{P_{z1} * v}{1020 * 60} = \frac{1605.1 * 168.7}{1020 * 60} = 4.42 \text{ кВт}$$

$$N_2 = \frac{P_{z2} * v}{1020 * 60} = \frac{1172.86 * 168.7}{1020 * 60} = 3.23 \text{ кВт}$$

Переход 4: Чистовое точение поверхности

$$\text{Глубина резания } t = \frac{d_{1.3}^{\text{ср}} - d_{1.4}^{\text{ср}}}{2} = \frac{60.95 - 60.563}{2} = 0.198 \text{ мм},$$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.07 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкость при одно-инструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0,9 * 1 = 0,9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 0,198^{0.15} * 0,07^{0.35}} * 0.9 = 449.1 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 449.1}{3.14 * 61.1} = 2100 \text{об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=2000$ об/мин

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 61.1 * 2000}{1000} = 383.7 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 0.93;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 0.198^1 * 0.07^{0.75} * 383.7^{-0.15} * 0.91 \\ = 30.1 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{30.1 * 383.7}{1020 * 60} = 0.18 \text{ кВт}$$

Переход 5: Точение поверхности

$$\text{Глубина резания } t = \frac{d_{1.4}^{cp} - d_{1.5}^{cp}}{2} = \frac{60.563 - 58.85}{2} = 0.8565 \text{ мм},$$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.23 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v;$$

T – среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0,9 * 1 = 0,9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} t^{x_{SY}}} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 0,198^{0.15} * 0.23^{0.35}} * 0.9 = 169.98 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 169.98}{3.14 * 60.6} = 885.98 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=1000 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 60.6 * 1000}{1000} = 190.28 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

$$= 10 * 300 * 0.8565^1 * 0.23^{0.75} * 190.28^{-0.15} * 0.91 = 725.4 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{725.4 * 190.28}{1020 * 60} = 2.25 \text{ кВт}$$

Переход 6: Точение фаски

Глубина резания $t = A_{1.6} = 1.2 \text{ мм}$,

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.07 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} t^x S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкость при одноинструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0.9 * 1 = 0.9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1.2^{0.15} * 0.07^{0.35}} * 0.9 = 161.6 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 161.6}{3.14 * 60.6} = 849.25 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=1000 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 60.6 * 1000}{1000} = 190.3 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 1.2^1 * 0.07^{0.75} * 190.3^{-0.15} * 0.91 \\ = 101,6 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{101,6 * 190.3}{1020 * 60} = 0,3 \text{ кВт}$$

Переход 7: Отрезание заготовки

Глубина резания- ширина резца $t = 5 \text{ мм}$,

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.1 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т5К10

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке 30-60 мин ; $T=30$

Значения коэффициентов: $C_v=47$; $x=0,72$; $m=0.2$; $y=0.8$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0,65 * 1 = 0,65$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{47}{30^{0.2} * 5^{0.72} * 0.1^{0.8}} * 0.9 = 135.2 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 135.2}{3.14 * 66.9} = 643.6 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=630 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 67.4 * 630}{1000} = 133.3 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{\text{мр}} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{\text{мр}} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{\text{мр}} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 400 * 5^{0.72} * 0.1^{0.8} * 133.3^{-0.15} * 0.91 = 1733.9 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{1733 * 133.3}{1020 * 60} = 3.7 \text{ кВт}$$

1.9.2. Токарная обработка (02)

Переход 1: Обточка торца

Глубина резания $t = Z^{\text{cp}}_{2.1} = 1.145 \text{ мм}$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.23 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v;$$

T – среднее значение стойкость при одноинструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0,9 * 1 = 0,9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1^{0.15} * 0.23^{0.35}} * 0.9 = 162.7 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 162,7}{3.14 * 66,9} = 774,5 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=800 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 66.9 * 800}{1000} = 168.05 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p \\ = 10 * 300 * 1.145^1 * 0.23^{0.75} * 168.05^{-0.15} * 0.91 = 988.02 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{988.02 * 168.05}{1020 * 60} = 2.7 \text{ кВт}$$

Переход 2: Обточка поверхности

$$\text{Глубина резания } t = \frac{d_{1.2}^{\text{cp}} - d_{2.2}^{\text{cp}}}{2} = \frac{66.67 - 65.85}{2} = 0.41 \text{ мм}$$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.34 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} x_S y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкость при одноинструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0.9 * 1 = 0.9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 0.41^{0.15} * 0.34^{0.35}} * 0.9 = 189.84 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 189.84}{3.14 * 66.9} = 903.7 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=1000 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 66.9 * 1000}{1000} = 210.1 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 0.41^1 * 0.34^{0.75} * 210.1^{-0.15} * 0.91 \\ = 342.13 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{342.13 * 210.1}{1020 * 60} = 1.17 \text{ кВт}$$

Переход 3 Получистовая обточка поверхности

Глубина резания $t = \frac{d_{2.2}^{cp} - d_{2.3}^{cp}}{2} = \frac{65.85 - 60.35}{2} = 2.75 \text{ мм}$ делим t на два прохода.

Тогда первый проход $t_1 = 1.5 \text{ мм}$, второй проход $t_2 = 1.25 \text{ мм}$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.23$ мм/об

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0.9 * 1 = 0.9$$

Определяем скорость резания :

Для первого прохода :

$$v_1 = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1.5^{0.15} * 0.23^{0.2}} * 0.9 = 136.6 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Для второго прохода :

$$v_2 = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1.25^{0.15} * 0.23^{0.2}} * 0.9 = 140.45 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

Для первого прохода:

$$n_1 = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 136.6}{3.14 * 66} = 659.14 \text{ об/мин}$$

Для второго прохода:

$$n_2 = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 140.45}{3.14 * 66} = 677.71 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n_1 = n_2 = 800 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V_1 = V_2 = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 66 * 800}{1000} = 165.8 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 1 = 0.89$$

Главная составляющая силы резания

$$P_{z1} = 10 * C_p * t_1^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 1.5^1 * 0.23^{0.75} * 165.8^{-0.15} * 0.89 = 1296.9 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 * C_p * t_2^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 1.25^1 * 0.8^{0.75} * 165.8^{-0.15} * 0.89 = 1080.8 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N_1 = \frac{P_{z1} * v}{1020 * 60} = \frac{1296.9 * 165.8}{1020 * 60} = 3.5 \text{ кВт}$$

$$N_2 = \frac{P_{z2} * v}{1020 * 60} = \frac{1080.8 * 165.8}{1020 * 60} = 2.9 \text{ кВт}$$

Переход 4: Обточка поверхности

$$\text{Глубина резания } t = \frac{d_{2.3}^{\text{cp}} - d_{2.4}^{\text{cp}}}{2} = \frac{60.35 - 60.15}{2} = 0.1 \text{ мм}$$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4, с.366]. $s = 0.07 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4, стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4, с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4, с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4, с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4, с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0.9 * 1 = 0.9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 0.1^{0.15} * 0.07^{0.35}} * 0.9 = 205.14 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 205.14}{3.14 * 60.5} = 1079.8 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=1000 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 60.5 * 1000}{1000} = 189.97 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 0.1^1 * 0.07^{0.75} * 189.97^{-0.15} * 0.91 \\ = 84.71 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{84.71 * 189.97}{1020 * 60} = 0.26 \text{ кВт}$$

Переход 5: Обточка фаски

Глубина резания $t = 0.6 \text{ мм}$

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.07 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} x_{sy}} K_v;$$

T – среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0.9 * 1 = 0.9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 0.6^{0.15} * 0.07^{0.35}} * 0.9 = 179.3 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 179.3}{3.14 * 59.826} = 954.5 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=1000 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 59.826 * 1000}{1000} = 187.85 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{fp} K_{yp} K_{lp} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.75} = 1$$

$$K_{\text{мр}} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{\text{мр}} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0.89 * 1 * 1 * 0.93 = 0.91$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 0.6^1 * 0.07^{0.75} * 187.85^{-0.15} * 0.91 \\ = 509 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{509 * 187.85}{1020 * 60} = 1.56 \text{ кВт}$$

Переход 6=7 : Обточка фаски

Глубина резания $t = 0.6$ мм

Подачу S назначаем по таблице 14 [4,с.366]. $s = 0.07$ мм/об

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями (Таб.3) [4,стр.180] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин). При наружном поперечном и продольном точении рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v;$$

T – среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0,9 * 1 = 0,9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0,2} * 0,6^{0,15} * 0,07^{0,35}} * 0,9 = 179,3 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 179,3}{3,14 * 66} = 865,2 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=1000 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 * 66 * 1000}{1000} = 207,24 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1$$

$$K_{mp} = 1; \quad K_{\varphi p} = 0,89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 1 * 0,89 * 1 * 1 * 0,93 = 0,91$$

Главная составляющая силы резания

$$\begin{aligned} P_z &= 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 0,6^1 * 0,07^{0,75} * 207,24^{-0,15} * 0,91 \\ &= 501,7 \text{ Н} \end{aligned}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{501,7 * 207,24}{1020 * 60} = 1,7 \text{ кВт}$$

Переход 8: Сверление отверстия Ø16

При сверлении глубина резания определяется по формуле :

$$t = 0,5D = 16 * 0,5 = 8 \text{ мм}$$

Подачу S назначаем по таблице 35 [4,с.381]. $s = 0,1 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4,стр.116] – P6M5

Определяем скорость резания V (м/мин) при сверлении:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости сверл, для быстрорежущей стали : $T=45$ мин

$$C_v=7 ; q=0,2 ; y=0,7 ; m=0,2$$

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$\text{По табл.3 [4,с.360]: } K_{mv} = 0,85$$

$$\text{По табл.5 [4,с.361]: } K_{nv} = 1$$

$$\text{По табл.6 [4,с.361]: } K_{uv} = 1$$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 0,85 * 1 * 1 = 0,85$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{7 * 16^{0,2}}{45^{0,2} * 0,1^{0,7}} * 0,85 = 24,25 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D} = \frac{1000 * 24,25}{3,14 * 16} = 482,7 \text{ об/мин}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу по формуле :

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 * 0,0345 * 16^2 * 0,1^{0,8} * 0,85 = 7,5 \text{ Н * м}$$

Где $C_M=0,0345$; $q = 2$; $y = 0.8$ -определены по таблице 42 [4,с.385]

K_p –коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит от материала обрабатываемой заготовки.

$$K_p = K_{mp}=0.85$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{M_{кр} * n}{9750} = \frac{7.5 * 482.7}{9750} = 0.37 \text{ кВт}$$

Переход 9: Сверление отверстия Ø28

При сверлении глубина резания определяется по формуле :

$$t = 0,5(D - D_{нач}) = 0.5 (28-16) = 6 \text{ мм}$$

Подачу S назначаем по таблице 35 [4,с.381]. $s = 0.1 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4,стр.116] – P6M5

Определяем скорость резания V (м/мин) при рассверливании:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^y S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости сверл, для быстрорежущей стали : $T=50$ мин

$$C_v=16,2 ; q=0.4 ; x=0,2, y=0.5; m=0.2$$

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$\text{По табл.3 [4,с.360]: } K_{mv} = 0.85$$

$$\text{По табл.5 [4,с.361]: } K_{nv} = 1$$

$$\text{По табл.6 [4,с.361]: } K_{uv} = 1$$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 0.85 * 1 * 1 = 0.85$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^y S^y} K_v = \frac{7 * 28^{0.2}}{50^{0.2} * 6^{0.2} * 0.1^{0.5}} * 0.85 = 26.55 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D} = \frac{1000 * 26.55}{3.14 * 28} = 301.97 \text{ об/мин}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу по формуле :

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p = 10 * 0.09 * 28^2 * 0.1^{0.8} * 6^{0.8} * 0.85 = 22.9 \text{ Н * м}$$

Где $C_M=0,0345$; $q = 2$; $y = 0.8$ -определены по таблице 42 [4,с.385]

K_p –коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит от материала обрабатываемой заготовки.

$$K_p = K_{mp}=0.85$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{M_{кр} * n}{9750} = \frac{22.9 * 301.97}{9750} = 0.7 \text{ кВт}$$

Переход 10 : Расточка

При расточении отверстия :

$$t = Z_{2.10} = 1 \text{ мм}$$

Подачу S назначаем по таблице 35 [4,с.381]. $s = 0.11 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4,стр.116] – Т15К6

Определяем скорость резания V (м/мин) :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкость при одно-инструментальной обработке 30-60 мин ;

Значения коэффициентов: $C_v=350$; $m=0.2$; $x=0.15$; $y=0.35$; - определены по таблице 17 [4,с.367]

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 1$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 0.9$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 0,9 * 1 = 0,9$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0.2} * 1^{0.15} * 0.11^{0.35}} * 0.9 = 205.04 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * d} = \frac{1000 * 205.4}{3.14 * 30} = 2180.5 \text{ об/мин}$$

Принимаем частоту вращения $n=2000 \text{ об/мин}$

Таким образом

$$V = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 * 30 * 2000}{1000} = 188.4 \text{ м/мин}$$

Определяем силы резания

$$P_{z.x.y} = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p$$

Где K_p – поправочный коэффициент представляет собой произведение ряда коэффициентов $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0.75} = 0.85$$

$$K_{mp} = 0.85; \quad K_{\varphi p} = 0.89; \quad K_{\gamma p} = 1; \quad K_{\lambda p} = 1; \quad K_{rp} = 1;$$

$$K_p = K_{mp} * K_{\varphi p} * K_{\gamma p} * K_{\lambda p} * K_{rp} = 0.85 * 0.89 * 1 * 1 * 1 = 0.756$$

Главная составляющая силы резания

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p = 10 * 300 * 1^1 * 0.11^{0.75} * 188.4^{-0.15} * 0.756 \\ = 704.7 \text{ Н}$$

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60} = \frac{704.7 * 188.4}{1020 * 60} = 2.17 \text{ кВт}$$

1.9.3. Сверлильная операция (03)

Переход 1 : Сверление отверстия Ø5 мм под резьбу М6-7Н

При сверлении глубину резания рассчитывать не надо, а саму скорость резания рассчитываем по формуле :

Определяем скорость резания V (м/мин) при сверлении:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости сверл, для быстрорежущей стали : $T=35$ мин

$$C_v=7 ; q=0.4 ; y=0.7 ; m=0.2$$

Подачу S назначаем по таблице 35 [4,с.381]. $s = 0.1$ мм/об

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4,стр.116] – Р6М5

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$\text{По табл.3 [4,с.360]: } K_{mv} = 0.85$$

$$\text{По табл.5 [4,с.361]: } K_{nv} = 1$$

$$\text{По табл.6 [4,с.361]: } K_{uv} = 1$$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 0.85 * 1 * 1 = 0.85$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_{sy}}} K_v = \frac{7 \cdot 5^{0.4}}{35^{0.2} \cdot 0.1^{0.7}} \cdot 0.85 = 29.98 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35.28}{3.14 \cdot 6} = 1591.3 \text{ об/мин}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу по формуле :

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 \cdot 0.0345 \cdot 6^2 \cdot 0.1^{0.8} \cdot 0.85 = 1,67 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Где $C_M=0,0345$; $q = 2$; $y = 0.8$ -определены по таблице 42 [4,с.385]

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y K_p = 10 \cdot 68 \cdot 6 \cdot 0.1^{0.7} \cdot 0.85 = 691.95 \text{ Н}$$

Где $C_p=68$; $q = 1$; $y = 0.7$ -определены по таблице 42 [4,с.385]

K_p –коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит от материала обрабатываемой заготовки.

$$K_p = K_{mp}=0.85$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,67 \cdot 1591.3}{9750} = 0.27 \text{ кВт}$$

Мощность привода Вертикально-сверлильного станка 2Н118:

$$N_{ст} = 1.5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности : $N = 0.27 \text{ кВт} \leq N_{ст} = 1.5 \text{ кВт}$

Переход 2 : Зенкование фасок

При зенковании глубина резания определяется по формуле :

$$t = 0,5(D - d) = 0.5 \cdot (7.2 - 6) = 0.6 \text{ мм}$$

Подачу S назначаем по таблице 36 [4,с.382]. $s = 0.11 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [3,стр.180] – P6M5

Определяем скорость резания V (м/мин) :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_{sy}}} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости зенкеры, для быстрорежущей стали :
 $T=24$ мин

$$C_v=16.3 ; q=0.3 ; x = 0.2 ; y=0.5; m=0.3$$

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

По табл.3 [4,с.360]: $K_{mv} = 0.85$

По табл.5 [4,с.361]: $K_{nv} = 1$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 0.85 * 1 * 1 = 0.85$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{16.3 * 7.2^{0.3}}{25^{0.3} * 0.11^{0.5}} * 0.85 = 13.48 \frac{\text{м}}{\text{мин}} ;$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D} = \frac{1000 * 13.48}{3.14 * 7.2} = 594.9 \text{ об/мин}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу по формуле :

$$M_{кр} = 10 C_M D^q t^x S^y K_p = 10 * 0.09 * 7.2^1 * 0.6^{0.9} * 0.11^{0.8} * 0.85 = 1.99 \text{ Н * м}$$

Где $C_M=0.09$; $q = 1$; $x = 0.9$; $y = 0.8$ -определены по таблице 42 [4,с.385]

K_p –коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит от материала обрабатываемой заготовки.

$$K_p = K_{mp}=0.85$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{M_{кр} * n}{9750} = \frac{1,99 * 594,9}{9750} = 0,12 \text{ кВт}$$

Мощность привода Вертикально-сверлильного станка 2Н118:

$$N_{ст} = 1,5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности : $N = 0,12 \text{ кВт} \leq N_{ст} = 1,5 \text{ кВт}$

Переход 3 :Нарезание резьбы М6-7Н

При нарезании резьбы глубина резания равна высоте профиля резьбы.

Подача S при нарезании метчиком равна шагу резьбы 1 мм, т.е. осуществляется самоподача.

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4,стр.116] – Р6М5

Определяем скорость резания V (м/мин) при нарезании :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_s y}} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости для метчика из быстрорежущей стали, $T=35$ мин

$$C_v=64,8; y=0,5; m=0,9; q=1,2.$$

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$\text{По табл.3 [4,с.360]: } K_{mv} = 1$$

$$\text{По табл.5 [4,с.361]: } K_{nv} = 1$$

$$\text{По табл.6 [4,с.361]: } K_{uv} = 1$$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 1 * 1 * 1 = 1$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{64,8 \cdot 6^{1,2}}{35^{0,9} \cdot 1^{0,5}} \cdot 1 = 22,68 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя n:

$$n = 1000 \times v / (\pi \times d) = 1000 \times 22,7 / (3,14 \times 6) = 1204 \text{ об/мин.}$$

Нарезать резьбу в глухом отверстии с такой частотой вращения опасно из-за поломки метчика при утыкании в дно отверстия, т.к. время реакции оператора не позволит вовремя прекратить вращение при самоподаче 1 мм/об, поэтому принимаем $n = 250 \text{ об/мин.}$

Мощность станка рассчитывать не требуется, т.к. при нарезании резьбы метчиком такого малого диаметра она будет небольшая.

1.9.4. Сверлильная операция (04)

Переход 1 : Сверление отверстия Ø9

При сверлении глубину резания не требуется определять.

Подачу S назначаем по таблице 35 [4,с.381]. $s = 0.1 \text{ мм/об}$

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4,стр.116] – P6M5

Определяем скорость резания V (м/мин) при сверлении:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v ;$$

T – среднее значение стойкости сверл, для быстрорежущей стали : T=35 мин

$$C_v=7 ; q=0.4 ; y=0.7 ; m=0.2$$

Коэффициент K_v :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$$

Где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала ;

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки ;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$\text{По табл.3 [4,с.360]: } K_{mv} = 0.85$$

$$\text{По табл.5 [4,с.361]: } K_{nv} = 1$$

По табл.6 [4,с.361]: $K_{uv} = 1$

Окончательно коэффициент K_v определяется как :

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv} = 0.85 * 1 * 1 = 0.85$$

Определяем скорость резания :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{7 * 9^{0.4}}{35^{0.2} * 0.1^{0.7}} * 0.85 = 35.27 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

Частота вращения шпинделя :

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D} = \frac{1000 * 35.27}{3.14 * 9} = 1248.05 \text{ об/мин}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу по формуле :

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p = 10 * 0.0345 * 9^2 * 0.1^{0.8} * 0.85 = 3.76 \text{ Н * м}$$

Где $C_M=0,0345$; $q = 2$; $y = 0.8$ -определены по таблице 42 [4,с.385]

K_p –коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит от материала обрабатываемой заготовки.

$$K_p = K_{mp}=0.85$$

Коэффициенты, входящие в формулу, учитывают фактические условия резания. По таблицам 9,23 [4,с.371]:

Определяем мощность резания :

$$N = \frac{M_{кр} * n}{9750} = \frac{3.76 * 1248.05}{9750} = 0.48 \text{ кВт}$$

Мощность привода вертикально-сверлильного станка 2Н118:

$$N_{ст} = 1.5 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности : $N = 0.48 \text{ кВт} \leq N_{ст} = 1.5 \text{ кВт}$

1.9.5. Шлифовальная обработка

Шлифовать цилиндрическую поверхность $\varnothing 60h7_{(-0,03)}$ шириной 6 мм.

Т.к. ширина обработки небольшая, то применяем шлифование с радиальной подачей круга $s = 0,001 \text{ мм/об.заг}$ [3]. Окружная скорость заготовки $v_{заг} = 20-40 \text{ м/мин}$, скорость круга $v_k = 35 \text{ м/с}$.

Для данной операции по рекомендациям [3] выбираем шлифовальный круг: белый электрокорунд 25А, зернистость 50, твердость круга СМ2,

структура 7, керамическая связка из К5. Ширина круга В=30 мм; диаметр круга $d_k = D=250$ мм; отверстие $d=75$ мм. Для данной операции выбираем круглошлифовальный станок MD1320В.

Условное обозначение круга: Круг шлифовальный ПП 250×30×75
25А 50 СМ2 7 К5 35 м/с

Частота вращения круга:

$$n_k = 1000 \cdot v_k / (\pi \cdot d_k) = 1000 \cdot 60 \cdot 35 / (\pi \cdot 250) = 2675 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_k = 2300$ об/мин по паспорту станка.

Частота вращения заготовки:

$$n_{\text{заг}} = 1000 \cdot v_{\text{заг}} / (\pi \cdot d_{\text{заг}}) = 1000 \cdot 20 / (\pi \cdot 60) = 106 \text{ об/мин.}$$

Принимаем $n_{\text{заг}} = 125$ об/мин по паспорту станка.

$$v_{\text{заг пр}} = \pi \cdot d_{\text{заг}} \cdot n_{\text{заг}} / 1000 = 3,14 \cdot 60 \cdot 125 / 1000 = 23,6 \text{ м/мин.}$$

Эффективная мощность, кВт, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \times V_3^r \times b^X \times s^Y \times d^q,$$

где - значение коэффициента C_N и показателей степени по таблице режимов резания при круглом цилиндрическом шлифовании с радиальной подачей круга [3]:

$$C_N = 2,2; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55.$$

Тогда:

$$N = C_N \times V_3^r \times b^X \times s^Y \times d^q = 2,2 \times 23,6^{0,5} \times 0,001^{0,5} \times 60^{0,55} = 3,2 \text{ кВт}$$

Проверка по мощности: $N_{\text{рез}} \leq N_{\text{ст}}; 3,26 < 6,75$.

1.10. Нормирование технологического процесса

Расчет основного времени

Основное время для токарных операций (1-2) определяем по формуле: [4]

$$T_o = L \times i / (n \times S), \text{ мин}$$

Где L – расчётная длина обработки, мм;

i - число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об (мм/мин).

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{\text{в}} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}},$$

Где l – размер детали на данном переходе, мм;

$l_{\text{в}}$ – величина врезания инструмента, мм;

$l_{\text{сх}}$ – величина схода инструмента, мм;

$l_{\text{пд}}$ – величина подвода инструмента, мм.

Принимаем: $l_{\text{сх}} = l_{\text{пд}} = 1$ мм.

Величина врезания инструмента:

$$l_{\text{вр}} = t / \operatorname{tg} \phi,$$

Где t – глубина резания, мм;

ϕ – угол в плане.

Тогда формула для определения основного времени:

$$T_o = (l + t / \operatorname{tg} \phi + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}}) \times i / (n \times S),$$

Основное время для первой токарной операции:

Переход 1: подрезка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg} \phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(35 + \frac{3,2}{\operatorname{tg} 20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{2}{(499 \times 0,52)} \\ = 0,38 \text{ мин},$$

Переход 2: подрезка торца

$$T_o = \left(l + \frac{t}{\operatorname{tg} \phi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{пд}} \right) \times \frac{i}{n \times S} = \left(35 + \frac{2,55}{\operatorname{tg} 20^\circ} + 1 + 1 \right) \times \frac{1}{(655 \times 0,24)} \\ = 0,3 \text{ мин},$$

Аналогично рассчитывается основное время для других операций, см. в карте техпроцесса.

Расчет вспомогательного времени

При обработке на станке вспомогательное время затрачивается в основном для измерения обработанных поверхностей заготовки (0,02 - 0,3 мин в зависимости от требуемой точности обработки, т.к. измерения делаются не у каждой заготовки, а каждой 5-й или 10-й. Обычно для измерения диаметра и осевого размера при обработке одной поверхности требуется 0,2 - 0,4 мин),

установку и снятие заготовки (0,1 - 0,3 мин в зависимости от механизации приспособления). Смена инструмента, подвод к заготовке и настройка на размер по программе ЧПУ выполняются очень быстро.

При обработке на обычных станках:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}}$$

Где $T_{\text{уст}}$ - время на установку и снятие детали;

$T_{\text{упр}}$ - время на управление станком;

$T_{\text{изм}}$ - время измерения детали.

Токарная операция 1 и 2:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}} = 0,35 + 0,18 + 0,1 = 0,63 \text{ мин};$$

Сверлильная (сверление и зенкование) 3:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}} = 0,35 + 0,18 + 0,1 = 0,63 \text{ мин};$$

Сверлильная 4

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}} = 0 + 0,18 + 0,1 = 0,28 \text{ мин};$$

Термическая:

$$T_{\text{в}} = 0,06 \text{ мин};$$

Кругошлифовальная:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}} = 0,35 + 0,4 + 0,4 = 1,15 \text{ мин};$$

Расчет оперативного времени

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}}$$

1. Токарная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 1,99 + 0,9 = 2,89 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 2,1 + 1,3 = 3,4 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 2,8 + 0,91 = 3,71 \text{ мин};$$

4.Сверлильная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 0,6 + 0,91 = 1,51 \text{ мин};$$

5. Термическая:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 1,37 + 0,06 = 1,43 \text{ мин};$$

5. Кругошлифовальная:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} = 1,72 + 1,15 = 2,87 \text{ мин};$$

Расчет времени на обслуживание рабочего места

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}}$$

Где α - процент от оперативного времени.

1. Токарная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 2,89 = 0,06 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,02 \times 3,4 = 0,07 \text{ мин};$$

3. Сверлильная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,51 = 0,06 \text{ мин};$$

4. Сверлильная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,51 = 0,06 \text{ мин};$$

5. Термическая:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 1,43 = 0,07 \text{ мин};$$

5. Кругошлифовальная:

$$T_{\text{обс}} = \alpha \times T_{\text{оп}} = 0,05 \times 2,87 = 0,14 \text{ мин};$$

Расчет времени на отдых

$$t_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}}$$

Где, β - процент от оперативного времени.

1. Токарная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 2,89 = 0,12 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 3,4 = 0,136 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,51 = 0,06 \text{ мин};$$

4.Сверлильная:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,51 = 0,06 \text{ мин};$$

5. Термическая:

$$T_{\text{пер}} = \beta \times T_{\text{оп}} = 0,04 \times 1,43 = 0,06 \text{ мин};$$

6. Круглошлифовальная:

Подготовительно-заключительное время

1. Токарная: $T_{\text{пз}} = 10 \text{ мин.}$

2. Токарная: $T_{\text{пз}} = 8 \text{ мин.}$

3.Сверлильная: $T_{\text{пз}} = 5 \text{ мин.}$

4.Сверлильная: $T_{\text{пз}} = 5 \text{ мин.}$

5. Термическая: $T_{\text{пз}} = 4 \text{ мин.}$

6. Круглошлифовальная: $T_{\text{пз}} = 10 \text{ мин.}$

Расчет штучного времени

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}}$$

1. Токарная:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 3,07 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 3,61 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 1,63 \text{ мин};$$

4.Сверлильная:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 1,63 \text{ мин};$$

5. Термическая:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отд}} = 1,56 \text{ мин};$$

6. Круглошлифовальная:

$$T_{шт} = T_{осн} + T_v + T_{обс} + T_{отд} = 3,12 \text{ мин};$$

Расчет штучно-калькуляционного времени

$$T_{шт.к} = \sum T_{шт} + \frac{\sum T_{пз}}{n};$$

1. Токарная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 3,075 \text{ мин};$$

2. Токарная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 3,614 \text{ мин};$$

3.Сверлильная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,633 \text{ мин};$$

4.Сверлильная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,633 \text{ мин};$$

5. Термическая:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,562 \text{ мин};$$

6. Круглошлифовальная:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 3,125 \text{ мин};$$

2. Конструкторская часть

2.1. Анализ исходных данных и разработка технического задания на проектирование станочного приспособления

Таблица 2.1 – Задание на проектирование приспособления

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление предназначено для установки и закрепления детали “опора” на вертикально-сверлильном станке 2Н118
Цель и назначение разработки	Приспособление должно обеспечивать точную установку и надежное закрепление заготовки с целью получения необходимой точности расположения отверстий относительно оси заготовки; удобство установки, закрепления и снятия заготовки.
Технологические требования	Тип производства – мелкосерийный Программа выпуска – 5000 шт. в год Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку 2Н118.
Документация подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел – конструкторская часть), чертежи общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация.

2.2. Разработка принципиальной расчетной схемы приспособления.

Перед разработкой принципиальной схема и перед компоновкой приспособления, необходимо определить относительно каких поверхностей заготовки будет происходить ее фиксация во время обработки на станке.

На рисунке 2.1 представлена схема базирования при установке заготовки в приспособлении. Само приспособление устанавливается на стол сверлильного станка и удерживается там вручную, т.к. диаметр обрабатываемого отверстия небольшой – 5,6 мм.

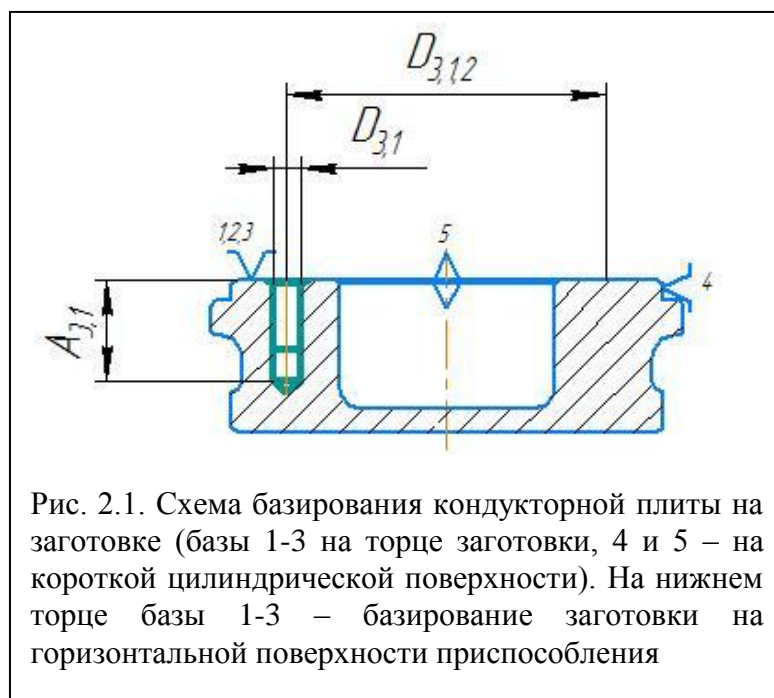


Рис. 2.1. Схема базирования кондукторной плиты на заготовке (базы 1-3 на торце заготовки, 4 и 5 – на короткой цилиндрической поверхности). На нижнем торце базы 1-3 – базирование заготовки на горизонтальной поверхности приспособления

На рисунке 2.2 представлен общий вид приспособления.

Заготовка устанавливается в приспособление 3 (рис. 2.2), крышка 1 с кондукторными втулками 2 устанавливается на верхнюю торцевую поверхность заготовки и центрируется по короткой цилиндрической поверхности заготовки. После этого крышка фиксируется барашковыми гайками 4.

Приспособление вместе с заготовкой устанавливается на столе таким образом, чтобы одно из отверстий кондукторной втулки оказалось по оси вращения сверла (шпинделя). При осторожной ручной подаче сверло своей конусной частью с

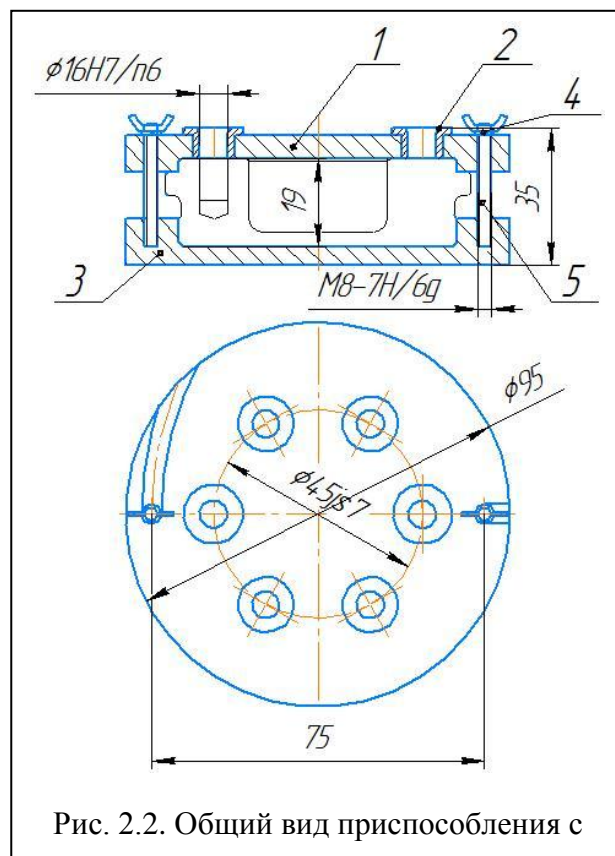


Рис. 2.2. Общий вид приспособления с

режущими кромками немного смещает приспособление в горизонтальной плоскости, т.е. кондукторная втулка вместе с приспособлением самоустанавливается по вращающемуся сверлу. После этого включается осевая механическая подача или сверло подаётся вручную на требуемую глубину $A_{3.1}$.

После обработки первого отверстия сверло выводится из контакта с отверстием кондукторной втулки и аналогичные действия повторяются по сверлению остальных отверстий.

2.3 Определение необходимой силы зажима

1. Исходя из режимов резания, рассчитанных для операции 3, запишем значения окружной силы резания и момента резания.

2. Рассчитываем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10C_m D^q t^x S^y K_p$$

3. Коэффициенты $C_m = 0,0345$, $q = 2$, $y = 0,8$, $K_p = 0,85$, (табл. 32) [3. с. 281].

4. $M_{кр} = 10C_m D^q S^y K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,85 = 5,85 H \cdot м$

5. Рассчитываем момент трения:

6. $M_{TP} > K \cdot M_{кр} = 2 \cdot 5,85 = 11,7 H \cdot м$

7. Рассчитываем силу трения при диаметре заготовки 60 мм и диаметре расположения отверстий 44 мм. Радиус действия силы трения принимаем 40 мм:

$$F_{TP} = M_{TP} \cdot / R = 11,7 \cdot / 0,04 = 292 H$$

8. Сила зажима при коэффициенте трения $f=0,1$ с учётом попадания масла на заготовку:

$$P > \frac{F_{TP}}{f} = \frac{292}{0,1} = 2920 H$$

Такая сила обеспечивается с помощью двух барашковых гаек М8.

Обработка шести отверстий Ø5H12 осуществляется сверлением через кондукторные втулки, расположенные в кондукторной плите-крышке. Эта

крышка точно базируется по узкой цилиндрической поверхности Ø60d9, которая обработана с довольно высокой точностью. Отверстие в крышке под Ø60d9 обрабатываются на точном станке с ЧПУ по 7 качеству с расположением поля допуска по Н с номинальным размером Ø59,9, что обеспечивает нулевой минимальный зазор при установке крышки на цилиндрический поясok заготовки. Это, в свою очередь, обеспечивает высокую точность расположения осей отверстий в плите (крышки) относительно оси заготовки.

Отверстия в плите под втулки обрабатываются с высокой точностью их расположения на координатно-расточном станке, поэтому расчёт точности расположения осей отверстий делать не надо, хотя допуск указан достаточно жёсткий – 0,25 мм, с симметричным его расположением относительно диаметра 45 мм. Задание позиционного допуска позволяет выполнить сборку опоры при увеличенном, в пределах допуска на отверстие, диаметре резьбового отверстия.

На следующей, четвёртой, операции используется это же приспособление, но с другой крышкой (кондукторной плитой), поскольку диаметр расположения отверстий немного другой (44 мм против 45 мм на предыдущей операции). Внутренний диаметр кондукторных втулок (6 шт.) тоже другой – 9 мм. Расположение отверстий выполняется с более жёстким допуском - по диаметру 0,04 мм, по углу расположения – 30°. Крышка устанавливается по наружному диаметру Ø60,6h9, что тоже отличается от предыдущего Ø60d9. При установке заготовки в корпус приспособления особой точности не требуется, т.к. точность расположения отверстий обеспечивается отверстиями на крышке. Поэтому диаметр отверстия в корпусе можно взять наибольший из диаметров заготовки, т.е. под Ø60,6h9. Таким образом диаметр отверстия в корпусе под размещение заготовки принимается Ø60,6H12. На верхней поверхности глухого отверстия приспособления сверлится отверстие Ø5H11, в котором метчиком нарезается резьба М6-7Н. В это резьбовое отверстие ввинчивается сменный палец, верхняя часть которого имеет Ø5,9h9 под отверстие М6-7Н, т.к. по условию на чертеже оси отверстий на правом и левом торцах детали не должны совпадать. Если

штифт не сделать сменным, то он буде мешать установке заготовки на третьей операции.

2.4. Приспособление для второй и шестой операций

На второй операции заготовка устанавливается в цанговый патрон под $\varnothing 60,6h9$. Использование цангового патрона обязательно, поскольку требуется и соосность наружных цилиндрических поверхностей $\varnothing 60,6h9$ и $\varnothing 60d9$. К тому же узкий цилиндрический поясok длиной 11 мм с $\varnothing 60,6h9$ требует надёжного закрепления заготовки. Проблемой закрепления заготовки за узкий поясok может стать сверление центрального отверстия $\varnothing 28H12$ и последующая расточка отверстия до $\varnothing 30H12$. Для уменьшения крутящего момента при сверлении желательно его выполнять за несколько проходов: сверление центрирующего отверстия $\varnothing 8H14$, после чего последовательное сверление отверстий 16, 23 и 28 мм.

При сверлении отверстия сразу $\varnothing 28H12$ крутящий момент резания будет наибольшим $M_{рез} = 41,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$. При черновой обточке наружного диаметра на этой второй операции $P_z = 344 \text{ Н}$, а при обточке торца - $P_z = 988 \text{ Н}$. На наибольшем диаметре $\varnothing 62 \text{ мм}$ крутящий момент резания при обточке торца будет $M_{рез} = 30,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Поэтому рассчитываем усилие закрепление (трения) в цанговом патроне для передачи крутящего момента при сверлении $\varnothing 28H12$:

$$M_{тр} = K \cdot M_{рез} = 1,4 \cdot 41,8 = 58,52 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

K – коэффициент запаса. При равномерном сверлении $K = 1,4$.

Цанговый патрон можно сделать мембранного типа супругодеформируемыми элементами (рис. 2.3), в этом случае закрепление заготовки будет осуществляться за счёт упругости мембраны (ГОСТ 21279-75),

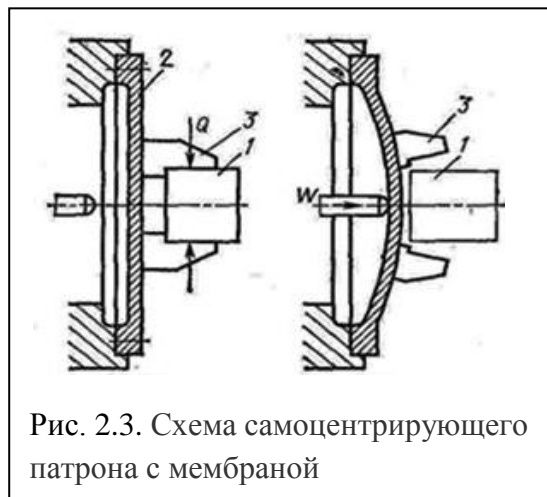


Рис. 2.3. Схема самоцентрирующего патрона с мембраной

а раскрепление – за счёт осевого усилия от штока мембранной пневмокамеры (рис. 2.4) после остановки вращения шпинделя. Обрабатываемая деталь 1 зажимается внутренними силами упругости мембраны 2 посредством ее кулачков 3 (рис. 2.3). Сила тяги W разводит кулачки при раскреплении детали 1.

Для этой разжимной оправки в качестве привода лучше использовать пневмокамеру одностороннего действия (рис 2.4), т.к. нам нужно усилие только вправо (для раскрепления).

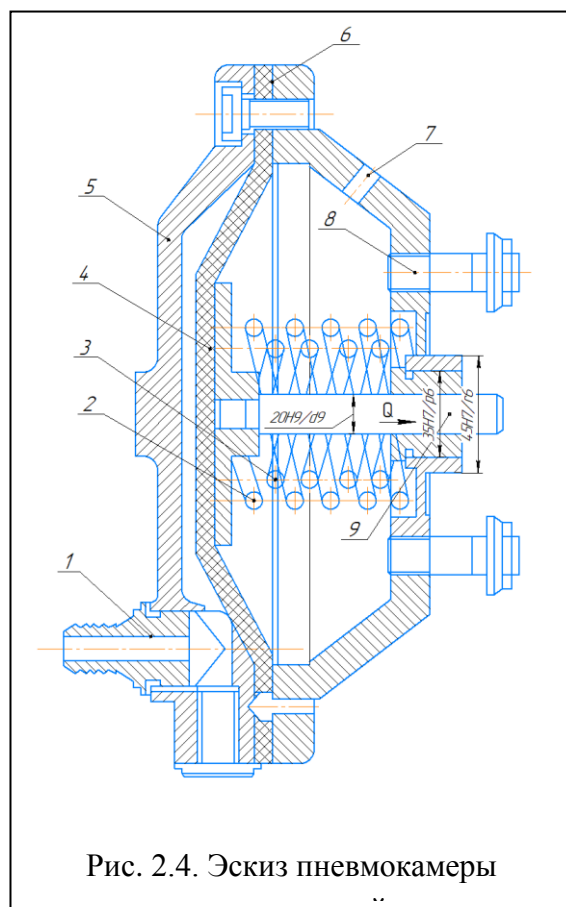
Пневмокамера мембранного типа состоит из корпуса и крышки, между которыми зажата мембрана 6 тарельчатой формы из прорезиненной ткани. Сжатый воздух поступает в камеру через штуцер 1, давит на мембрану и перемещает диск 4 со штоком 9.

На резьбовой конец штока может навинчиваться толкатель, воздействующий на зажимной механизм приспособления. В предлагаемой конструкции пневмокамеры резьбовая часть на штоке не нужна, т.к. шток будет толкать, а не тянуть.

При выпуске сжатого воздуха в атмосферу шток под действием пружин 2 и 3 вместе с диском и мембраной возвращается в исходное положение.

Пневмодвигатель закрепляется на корпусе приспособления шпильками 8. Отверстие 7 служит для выхода воздуха из правой полости при рабочем ходе штока.

Корпус и крышка отливаются из серого чугуна или штампуются из малоуглеродистой стали. Могут быть изготовлены также из алюминиевого сплава АЛ9В, АЛ10В и из пластмассы волокнит.



Для расчёта диаметра камеры рассчитываем осевое усилие для раскрепления заготовки (развода кулачков, или лепестков): $W_{\text{цанги}} = 20,5 \text{ кН}$.

Тогда внутренний диаметр камеры D можно рассчитать из уравнения:

$$W = \frac{\pi}{16} \times (D + d)^2 \times \rho - P_k$$

где D – рабочий диаметр мембраны, мм;

$d = 0,7 \cdot D$ – наружный диаметр опорной шайбы, мм;

$\rho = 0,4 \text{ МПа}$ - давление сжатого воздуха. Принимаем давление немного меньше номинального в пневмосети с учётом возможного уменьшения давления из-за потерь сети и работы других пневмоприводов;

$P_k = 100 \text{ Н}$ - сила возвратной пружины пневмокамеры;

Рассчитаем рабочий диаметр мембраны D :

$$20500 = \frac{\pi}{16} \times (1,7D)^2 \times 0,4 - 100;$$

$$D = \sqrt{\frac{20500+100}{0,4 \times \frac{\pi}{16} \times 1,7^2}} = 301 \text{ мм};$$

Принимаем внутренний диаметр камеры 300 мм, с учётом того, что давление в пневмосети было изначально немного занижено.

Применение мембранного цангового патрона для круглошлифовальной операции

Мембранный цанговый патрон будет использоваться и для шестой, круглошлифовальной, операции, только цанга должна быть изготовлена не под $\text{Ø}60,6\text{h}9$, а под $\text{Ø}60\text{d}9$. Усилие закрепление на шестой операции потребуется меньше, т.к. при шлифовании длина шлифуемой поверхности 11 мм, радиальная подача должна быть небольшая – 0,0025-0,001 мм/об.заг. Для уменьшения номенклатуры используемых приспособлений принимаем, что пневмокамера будет та же, что и на второй операции (если по техпроцессам

других деталей, обрабатываемых на участке, она не потребуется для обработки партии следующей детали). С учётом среднесерийного производства обработка партии заготовок на второй операции к моменту начала шестой операции закончится (к тому же термическая обработка на пятой операции этого потребует), и приспособление будет установлено на круглошлифовальном станке.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4А6Б	Батболд.М

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Анализ конкурентных технических решений</i>	<i>Составление таблицы оценочной конкурентоспособности, составление многоугольника конкурентоспособности, SWOT-анализ</i>
2. <i>Планирование проекта</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
3. <i>Формирование бюджета на затраты проекта</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Многоугольник конкурентоспособности</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Дерево целей</i> 4. <i>График Ганта</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.20
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП.	Кашук.Ирина.Вадимовна	к.т.н., доцент		13.04.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6Б	Батболд Мунхтэнгис		13.04.20

3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Для этого составлена оценочная карта (таблица 1.1).

Объектом анализа являются параметры виброисточников различных фирм.

Методика оценки конкурентоспособности:

- ✓ Определить критерии конкурентоспособности, по которым будет производиться оценка
- ✓ Составить оценочную таблицу «Оценка конкурентоспособности экспертом» (таблица 8.1.1)
- ✓ Определить оценочную шкалу факторов конкурентоспособности (1-10-бальная шкала)
- ✓ Прописать по какому признаку будет присваиваться тот или иной балл
- ✓ Определить оценочную шкалу важности фактора (1-5-бальная шкала)
- ✓ Прописать по какому признаку будет присваиваться тот или иной балл
- ✓ Расставить баллы по всем факторам и по важности факторов
- ✓ Рассчитать весовой коэффициент по каждому фактору
- ✓ Умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую оценку эксперта
- ✓ По результатам расчетов сделать выводы и построить многоугольник конкурентоспособности (рисунок 3.1)

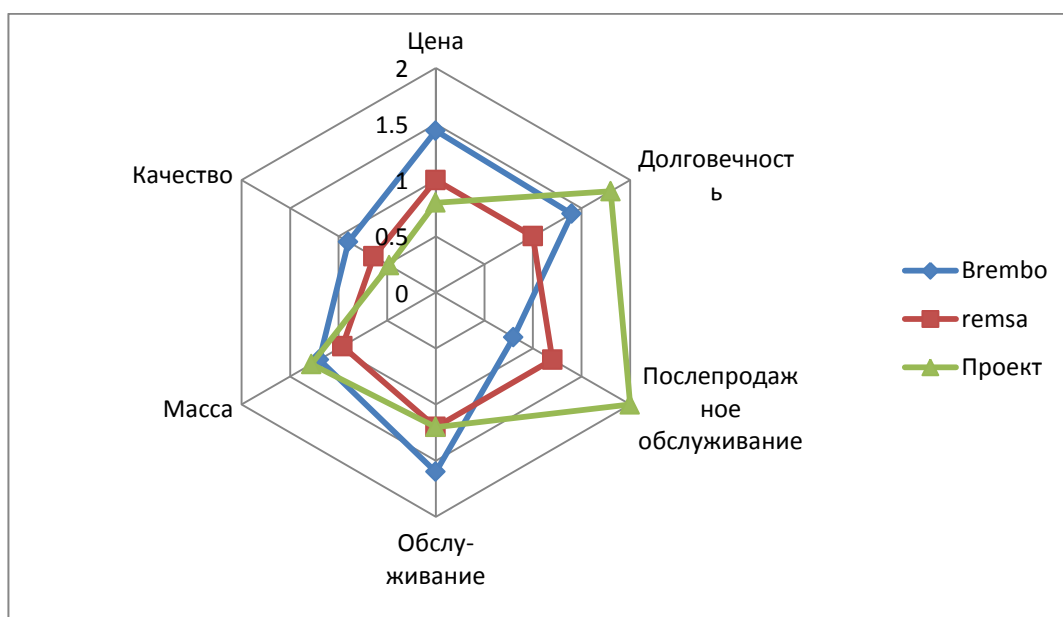


Рисунок 3.1 – Многоугольник конкурентоспособности

В ходе оценки конкурентоспособности проекта было выявлено, что проект уступает продукции некоторых конкурентов по техническим характеристикам (цена, качество, масса, обслуживание), но при этом имеет свои преимущества перед ними (долговечность, послепродажное обслуживание). В целом проект имеет достаточно высокие показатели для успешной конкуренции с другими производителями виброустройств.

Таблица 3.1 – Оценка конкурентоспособность

№ п/ п	Товары конкуренты	Факторы конкурентоспособности товаров						Итоговая оценка
		Цена	Долгове чность	Послепро дажное обслужив ание	Обслуж ивание	Масса	Качест во	
1	«Brembo»	9/1,44	6/1,4	4/0,8	8/1,6	10/1,2	7/0,9	7
2	«remsa»	6/1	5/1	6/1,2	6/1,2	6/0,96	8/0,64	6,16
3	Проект	5/0,8	9/1,8	10/2	6/1,2	8/1,28	6/0,48	7,33
	b_j	4	5	5	5	4	2	25
	w_j	0,16	0,2	0,2	0,2	0,16	0,08	-

3.1.2. SWOT-анализ проекта

В качестве оценки сильных и слабых сторон проекта как во внутренней, так и во внешней среде прибегают к составлению SWOT-матрицы (таблица 2.1).

Задача SWOT-анализа — дать структурированное описание ситуации, относительно которой нужно принять какое-либо решение. Выводы, сделанные на его основе, носят описательный характер без рекомендаций и расстановки приоритетов.

Таблица 3.2 – SWOT-анализ проекта

Внешние факторы	Возможности	Внутренние факторы	
		Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
		1. Наличие современного программного продукта 2. Наличие опытного руководителя 3. Наличие бюджетного финансирования.	1. Высокая стоимость оборудования 2. Отсутствие квалифицированного персонала. 3. Низкая безопасность
	Возможности: 1. Повышение стоимости конкурентных разработок. 2. Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области;	При наличии вышеперечисленных достоинств мы имеем большой потенциал для получения деталей с высокими эксплуатационными свойствами.	Повышение цен на металлообрабатывающее оборудование; - Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.
	Угрозы: 1. Появление новых технологий 2. Малый спрос	Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.	Расширение области применения за счет развития новых технологий

Поле СИБ (пересечение сильных сторон и возможностей) показывает, необходимо использовать сильные стороны 1,2 (наличие современного программного продукта и наличие опытного руководителя), чтобы получить отдачу от возможностей во внешней среде.

Поле СЛВ (пересечение слабых сторон и возможностей) показывает, за счет возможности 2 (Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области)сможет преодолеть имеющиеся слабости.

Поле СИУ (пересечение сильных сторон и угроз) показывает, необходимо использовать сильную сторону 3(Наличие бюджетного финансирования) для устранения угроз.

Поле СЛУ (пересечение слабых сторон и угроз) показывает, необходимо избавиться от слабых сторон 1,2 (высокая стоимость

оборудования и отсутствие квалифицированного персонала), чтобы попытаться предотвратить нависшую угрозу.

Данные рекомендации по применению SWOT-анализа позволяют не только выявить основные минусы проекта, но и выявляет сильные стороны, способные повлиять на их возможное устранение, повышая конкурентоспособность проекта.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (3.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{\mathcal{C}_i}, \quad (3.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

\mathcal{C}_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (3.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.9.



Таблица 3.4 – Временные показатели проведения научного исследования









Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож.и}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6

5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102



На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4												
3	Обзор научной литературы	Исп2	11												
4	Выбор методов исследования	Исп2	6												

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			 									
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9												
7	Проведение эксперимента	Исп2	25												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5									 			
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:

 – Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР

3.3.1. Расчет материальных затрат проекта

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, покупные материалы, канцелярские принадлежности, картриджи и т.п.

Таблица 3.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы $З_m$, руб
Краска для принтера	шт.	1	550	550
Бумага для принтера А4 (500 листов)	Пачка	2	190	380
Ручка шариковая	шт.	5	25	125
Карандаш чертежный	шт.	4	20	80
Разжимная оправка	шт.	1	2000	2000
Штангенциркуль	шт.	1	1010	1010
Нутромер	шт.	1	6350	6350
Итого, руб				10495

3.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (3.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (3.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 3.7 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования,	Время использования, мес.	H_A ,	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3		5	6	7	8
1	Токарно-винторезный станок16К20	1	20	0,3	0,05	1365000	245700
2	Вертикально- сверлильный станок 2Н125	1	10	0,3	0,1	568000	1420
3	Круглошлифовальный станок 3А110В	1	10	0,3	0,1	130000	3611
Итого:		29601.					

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_o – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}.$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_o) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_o) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.},$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_o – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 3.8 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 3.9 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	k_{np}	k_o	k_p	$Z_m, руб$	$Z_{он}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	12,2	26197,06
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	58,5	101971,35
Итого:								128168,41

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 19225,26 \text{ руб.}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15).

3.3. 4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Общая ставка взносов составляет в 2018 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ):

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование. При этом сумма взносов к

уплате зависит от того, превысил доход установленный лимит или нет.

Ставка 30% будет действовать по 2020 год включительно (ст. 425, 426 НК РФ).

Величина отчислений во внебюджетные фонды составила $147393.67 \cdot 0.3 = 44218,101$ руб.

3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы составили: $231707,77 \cdot 0.16 = 37073,24$ руб.

3.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ.

Таблица 3.10 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты НИР	10495	Пункт 3.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	29601	Пункт 3.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	128168,41	Пункт 3.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19225,26	Пункт 3.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	44218.101	Пункт 3.3.4
6	Накладные расходы	37073,24	Пункт 3.3.5
Бюджет затрат НИР		268781,01	Сумма ст. 1- 6

3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 4.11 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Удобство эксплуатации	0,3	5
2. Легкость обслуживания	0,2	4
3. Долговечность	0,2	4
4. Энергоэкономичность	0,15	4
5. Материалоемкость	0,15	5
Итого	1	4,45

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,45.$$

Заключение

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта. по итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 102 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 268781,01 рублей.

Показатель ресурсоэффективности по пятибальной шкале $I_p = 4,45$, что говорит об эффективной реализации проекта.

На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является с позиции ресурсной. финансовой эффективности целесообразной.

4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4А6Б	Батболд Мунхтэнгис

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологии изготовления детали “Опора”	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является рабочее место в цехе. Рабочее место оснащено станками и вспомогательным оборудованием
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	— № 197-ФЗ от 30.12.2001 «Трудовой кодекс РФ» (ред. 01.04.2019); — № 116-ФЗ от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (ред. 29.07.2018); — № 69-ФЗ от 21.12.1994 «О пожарной безопасности» (ред. 30.10.2018). — № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ред. 03.08.2018); — № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» (ред. 07.03.2018).
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	- Использование механизированного режущего инструмента; — Протекание электрического тока через организм человека; — Производственный шум на рабочих местах; — Недостаточная освещенность рабочей зоны; — Нарушение параметров микроклимата; — Химический фактор.
3. Экологическая безопасность:	— Воздействие на атмосферу выбросы пыли, СО, SO ₂ , оксид азота, туманов масел; - Воздействие на гидросферу обработанные СОЖ; - Воздействие на литосферу образование отходов обработанных масел, люминесцентных ламп, макулатуры, ветоши и.т.д.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Пожар, взрыв, обрушение зданий сооружений, аварии на электроэнергетических системах. – Наиболее типичную ЧС: пожарная авария
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.20
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			13.04.20

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А6Б	Батболд Мунхтэнгис		13.04.20

ВВЕДЕНИЕ

Темой проекта является разработка технологического процесса изготовления детали «Опора».

В данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, в том числе специальные правовые нормы трудового законодательства, рассмотрена компоновка рабочей зоны, произведен анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов и рассмотрены мероприятия по снижению их воздействия.

Так же проанализированы возможные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при производстве детали «опора» и обговорены мероприятия по их предотвращению. Особое внимание следует уделить охране окружающей среды, где наиболее важным фактором является фактор загрязнения от использованной СОЖ.

Данный раздел описывает нормы организации рабочего процесса по производству детали, которые действуют на территории РФ.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные правовые нормы трудового законодательства регламентируются № 197-ФЗ от 30.12.2001 «Трудовой кодекс РФ» , № 116-ФЗ от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» , № 69-ФЗ от 21.12.1994 «О пожарной безопасности» , № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» , № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» .

4.2. Производственная безопасность

Для идентификации вредных и опасных производственных факторов применим в соответствии с рекомендациями ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» .

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Стружка обрабатываемых материалов	-	+	+	«ГОСТ 12.2.061-81. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам». «ГОСТ 12.3.002-2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности» .
2.Протекание электрического тока через организм человека	-	+	+	«ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»
3. Производственный шум на рабочих местах	-	+	-	«ГОСТ 12.1.003-2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» . «СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы» .
4.Нарушение параметров микроклимата	+	+	-	«СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95*». «ГОСТ Р 55710-2013. Национальный стандарт 101 Российской Федерации. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений» .
5.Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	+	+	«СП 60.13330.2016. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003» . «СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы».
6. Химический фактор	+	+	+	Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 N 25 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» .

4.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов.

Стружка обрабатываемых материалов. Источником данного опасного фактора являются отходы обрабатываемого изделия. Отлетающая стружка может травмировать глаза работника, острые края при прикосновении нанести порезы. Для защиты от сливной стружки используются специальные перчатки, защитные очки. В качестве средств коллективной защиты используются защитные экраны и стружколоматели.

Электрический ток. Источником опасности в производственных цехах может стать случайное прикосновение к токоведущим частям, появление напряжения на металлических конструкциях оборудования из-за нарушения изоляции, появление напряжения на отключенных токоведущих частях в случае ошибочного включения установки и возникновение шагового напряжения в случае замыкания провода на землю.

При прохождении через тело человека ток вызывает три вида поражений: термическое, электролитическое и биологическое. Термическое воздействие выражается в ожогах различных частей тела. Электролитическое поражение жидкостей человека, вызывая нарушения физико-химического состава. Биологическое воздействие выражается в раздражении и возбуждении тканей организма, что вызывает судороги мышц сердца и легких, что в свою очередь влечет прекращение деятельности этих органов и смерть человека.

Производственный цех является помещением повышенной опасности, так как в помещении имеются повышенная влажность, токопроводящий пол и т.д. В таблице 2 представлены предельно допустимые уровни токов и напряжения регламентирующиеся «ГОСТ 12.1. 038-82 ССБТ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и тока».

Таблица 4.2. – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и тока

Род тока	U , В	I , мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2.0	0.3
Переменный, 400 Гц	3.0	0.4
Постоянный	8.0	1.0

Существуют следующие коллективные средства защиты от поражения электрическим током: защитное разделение сети, применение двойной изоляции, защитное заземление, зануление, выравнивание потенциала и организация безопасной эксплуатации электроустановок. К индивидуальным средствам защиты можно отнести - диэлектрические перчатки с защитой до 7500В, диэлектрические боты, коврики, изолирующие приспособления, специальная одежда и обувь с защитой от поражения электродугой.

Повышенный уровень шума. Источником шума является такое производственное оборудование как токарные и фрезерные станки. Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96, допустимый уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80 дБ. Его превышение влечет за собой не только нейросенсорную тугоухость при длительных воздействиях, но и, угнетая нервную систему, снижает скорость реакций, что резко повышает вероятность несчастного случая на производстве.

Средствами индивидуальной защиты являются одноразовые или многоразовые вкладыши, защитные наушники с пассивной защитой или активным шумоподавлением. Коллективная защита от воздействия шума заключается в планировке помещения, позволяющей снизить воздействие шума и изменить его направленность.

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Недостаточность освещения вызывает такие негативные последствия как усталость глаз и переутомление, снижение работоспособности, потеря зрения.

Уровень освещенности регламентируется ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений». В зависимости от производимой операции нормы освещенности могут изменяться от 200 лк при механической обработке листов до 750 лк при инструментальных работах на оборудовании для резки и контроле качества.

В производственных машиностроительных цехах в случае недостаточности освещенности качестве коллективной защиты может быть предусмотрена замена светильников на более современные и увеличение их количества. Средства индивидуальной защиты (индивидуальные светильники) в данном случае неэффективны.

Отклонение параметров микроклимата. Согласно классификации ГОСТ 12.0.003-2015 данный вредный фактор относится к факторам физического воздействия. Все параметры микроклимата регламентируются СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Таблица 4.3 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Категория работы	Температура, воздуха °С	Температура, поверхностей °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Средняя	17-19	16-20	60-40	0.2
Теплый	Средняя	19-21	18-22	60-40	0.2

К средствам индивидуальной защиты в холодный период года является применение утепленной специальной одежды и обуви, в теплый период - соблюдение питьевого режима. К коллективным средствам можно причислить наличие работоспособной системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Химический фактор. В работе с токарными и фрезерными станками применяются смазочно-охлаждающие жидкости (далее СОЖ).

Нефтяные масла вызывают поражение кожи в виде гнойниковых заболеваний. Повышенная концентрация токсичных газов и паров вызывает острые отравления, а при систематическом поступлении с организмом отравление перерастает в хроническое. Также установлено, что СОЖ отрицательно влияет на кровь, вызывая изменение количественного и качественного состава и их применение в работе способно угнетать иммунную систему работника.

К коллективным средствам защиты можно отнести герметизацию оборудования, применение систем автоматической подачи СОЖ, оборудование станков щитками-экранами. Также рабочее место должно быть оборудовано эффективной системой вытяжной вентиляции. К индивидуальным средствам защиты можно отнести применение защитных перчаток, фартуков, специальной одежды и обуви, защитных гидрофильных кремов, респираторов с защитой от пыли и туманов.

4.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

В качестве организационных мероприятий по защите от вредных и опасных производственных факторов можно использовать: 105

- Организацию системы управления охраной труда на предприятии;
- Организацию инструктажей по охране труда и безопасным методам выполнения работ;
- Проведение специальной оценки условий труда;
- Разработку рациональных режимов труда и отдыха.

Технические мероприятия представляют собой:

- Внедрение дистанционного управления и автоматизации технологического процесса, модернизацию оборудования;
- Установку защитных ограждений опасных зон, заблокированных с приводом электродвигателя оборудования;

– Проведение освидетельствования технических устройств, подтверждающих соответствие технических устройств всем требованиям безопасности;

– Использование средств индивидуальной защиты: каска защитная, специальная одежда и обувь, защитные щитки, респираторы, наушники, защитные перчатки, крема

4.5. Экологическая защита

Защита атмосферы. В результате разработки технологического процесса разработки детали «опора» были выявлены источники загрязнения атмосферы – пыль, CO, SO₂, оксиды азота, туманы масел. На предприятии в соответствии с требованиями Федерального закона от 04.05.1999 N 96-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране атмосферного воздуха» должен быть разработан проект нормативов предельно-допустимых выбросов, который устанавливает нормы выброса в атмосферу для каждого 106 стационарного источника. Для очистки выбросов в атмосферу применяются газоочистные установки. Снижению воздействия на атмосферный воздух способствует разработка и применение процессов и оборудования, исключающих или значительно снижающих выбросы вредных веществ в атмосферу.

Защита гидросферы. Источниками загрязнения гидросферы является отработанная СОЖ. Утилизация СОЖ может происходить разными методами.

Термический метод предусматривает вспенивание эмульсии с применением ПАВ, пена направляется в специальный отсек установки, где сжигается при температуре 1500-1600°С.

Существует метод центрифугирования при котором коллоидная система разрушается с применением кислоты, содержанием которой нужно обеспечивать рН среды, равный 1-2.

Метод реагентной коагуляции. При добавлении сульфатов алюминия и железа, хлорида железа (III) совместно с кальциевым гидроксидом или натриевой щелочью происходит расслоение СОЖ.

Защита литосферы. При производстве деталей на предприятии образуются отходы: макулатура, ртутные и люминесцентные лампы, металлическая стружка, обмасленная ветошь, огарки электродов, отработанные масла. Каждый отход должен быть включен в проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР). Все отходы передаются в организацию имеющую лицензию на обращение на сбор, транспортирование, обезвреживание и размещение отходов.

4.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Усложнение технологических процессов производства ведет к появлению негативных явлений, связанных с возникновением чрезвычайных ситуаций (далее ЧС). 107

Для производства детали опора актуальны ЧС техногенного характера, то есть, возникающие на объектах, созданных людьми и по вине человека. К подобным ЧС относятся утечки опасных газообразных, жидких и других веществ, пожары и взрывы. Наиболее часто встречается такая ЧС как пожар.

В следующих документах приведены основные положения по безопасности при ЧС :

- ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.
- ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
- Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. В ГОСТ Р 22.0.07-95 приведена классификация поражающих факторов при ЧС.

При возникновении пожара в рабочем цеху работник имеет инструкции по устранению ЧС. При возгорании работник обязан оповестить своего руководителя о возникновении ЧС и, по возможности, локализовать или ликвидировать пожар. В случае, когда это невозможно, работник должен отключить рабочее оборудование и проследовать в пункт сбора, по пути необходимо сообщать всем о возникновении ЧС. В здании, где производилась деталь, имеется план эвакуации при ЧС, проводится инструктаж персонала и, помещения обеспечены порошковыми огнетушителями.

4.7. Вывод

При работе разделом «Социальная безопасность» были рассмотрены весьма значимые при изготовлении опоры факторы, такие как : химический фактор (отработанная СОЖ), недостаточность освещенность рабочей зоны и ряд других, которые позволили прийти к выводу, что обеспечение безопасных условий труда является ключевым моментом в организации труда на производстве, который влечет за собой снижение производственного травматизма, профессиональных заболеваний, а значит и повышение производительности труда и снижение финансовой нагрузки на производителя.

5. Заключение

В данной выпускной квалификационной работе был спроектирован и разработан технологический процесс механической обработки детали «Опора».

В ходе проектирования был составлен технологический процесс для мелкосерийного производства 5000 штук в год. Кроме того, был составлен размерный анализ и граф технологических размерных цепей с целью облегчения технологического процесса.

В работе был выбран оптимальный вид заготовки, режимы резания и нормы времени.

Были спроектировано и рассчитано станочное приспособление, описан принцип его работы.

В ходе работы были проанализированы сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности проекта, кроме того, была выяснена разработка конкурентоспособна и перспективна. Были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места на механическом участке по изготовлению детали «Опора», созданные оптимальные нормы для улучшения условий труда, обеспечена производственная безопасность человека, повышена его производительность, а также охраны окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 99 с.
2. Горбачевич А.Ф., Шкерд В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Выше школа, 1983. – 256 с.
3. Дальский.А.М., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Суслов А.Г. Справочник технолога – машиностроения. В 2-х т. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение–1, 2003 г. 944 с. ил.
4. Марков Н.Н., Сацердотов П.А., Кайнер Г.Б. Методические указания: выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051–81) 1986. – 84 с.
5. Юревский С.А., Романова С.Ю., Рафальский В. П., Ли О. К., Шашкова Н.Д. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Единичное, мелкосерийное и среднесерийное производство. Москва экономика. 150014. 1988. – с. 148.
6. И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына / Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
7. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
8. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
9. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

10. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. 108 Е.Н. Пашков, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.

11. Федеральный закон от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 15.04.2019) «Налоговый Кодекс Российской Федерации» (часть вторая) [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/

12. Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) «Трудовой Кодекс Российской Федерации» [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/

13. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. 29.07.2018) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/

14. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 30.10.2018) «О пожарной безопасности» [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/

15. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии» [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/

16. Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ (ред. от 07.03.2018) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19559/

17. Система стандартов по безопасности труда. ГОСТ 12.0.003- 2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. 111 [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071>

18. ГОСТ 12.2.061-81. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200228>

19. ГОСТ 12.3.002-2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200124407>

20. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200313>

21. ГОСТ 12.1.003-2014. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606>

22. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901703278>

23. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> 112

24. ГОСТ Р 55710-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105707>

25. СП 60.13330.2016. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054205>

26. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>

27. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 N 25 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». [Электронный ресурс] / Консорциум Кодекс. Электрон. Дан. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/557235236>

28. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «Об охране атмосферного воздуха» [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971/

29. Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 23.06.2016) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/

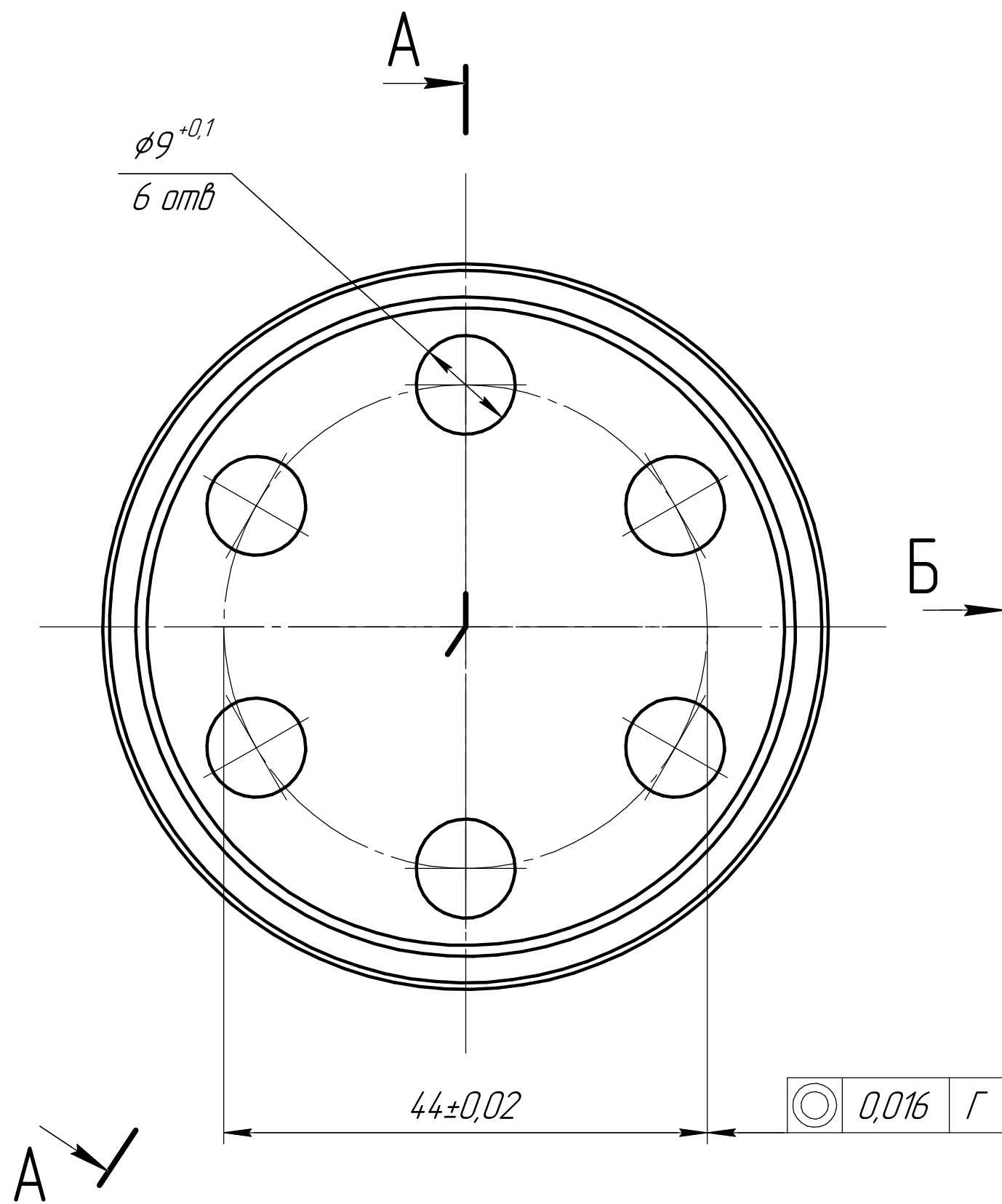
30. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Юрайт ИД Юрайт, 2015. - 703 с. Ссылка на электронный каталог НТБ ТПУ -

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C315981>

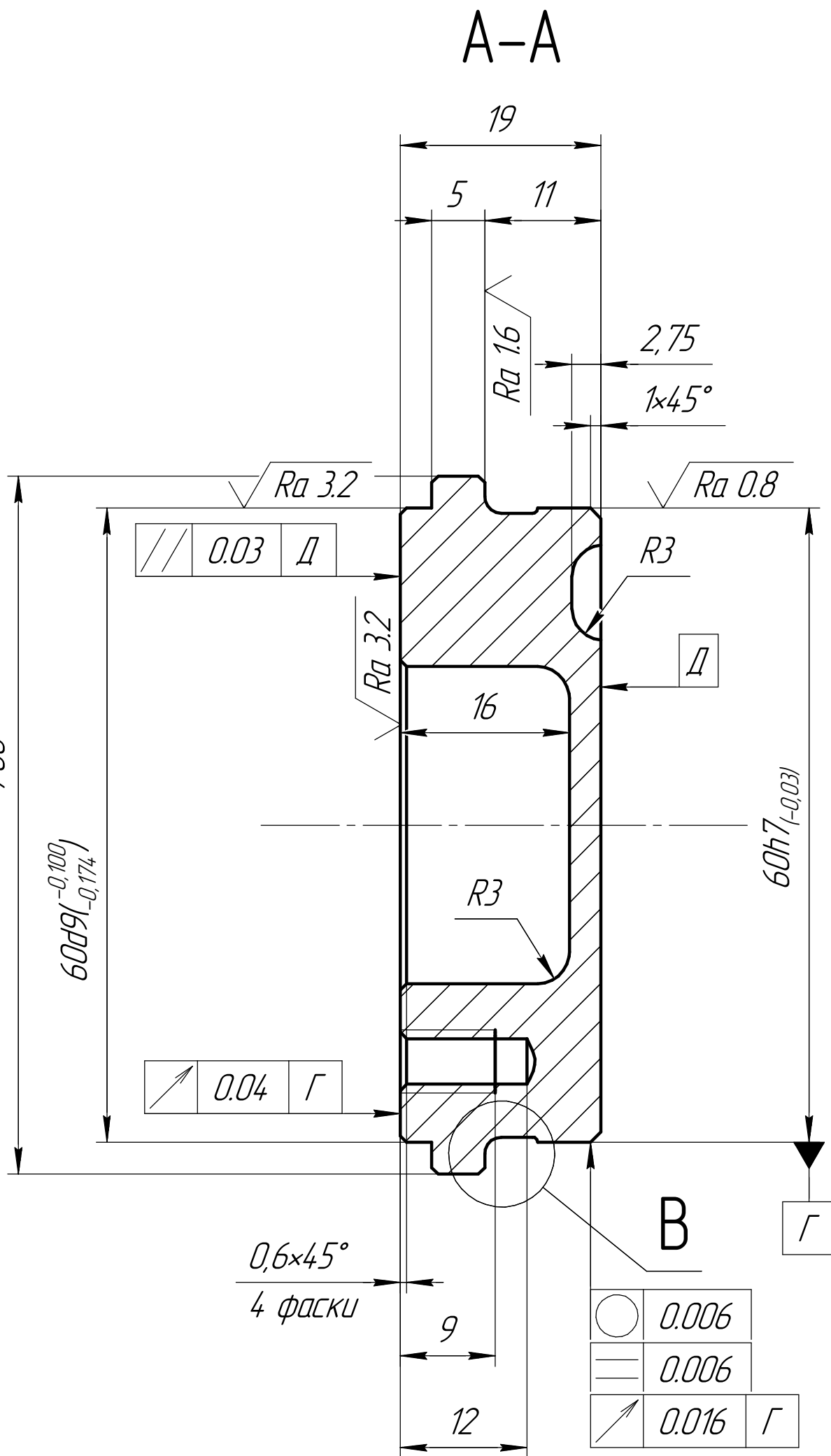
Приложение А
(обязательное)
Чертеж детали

Перв. примен.
Сред. №

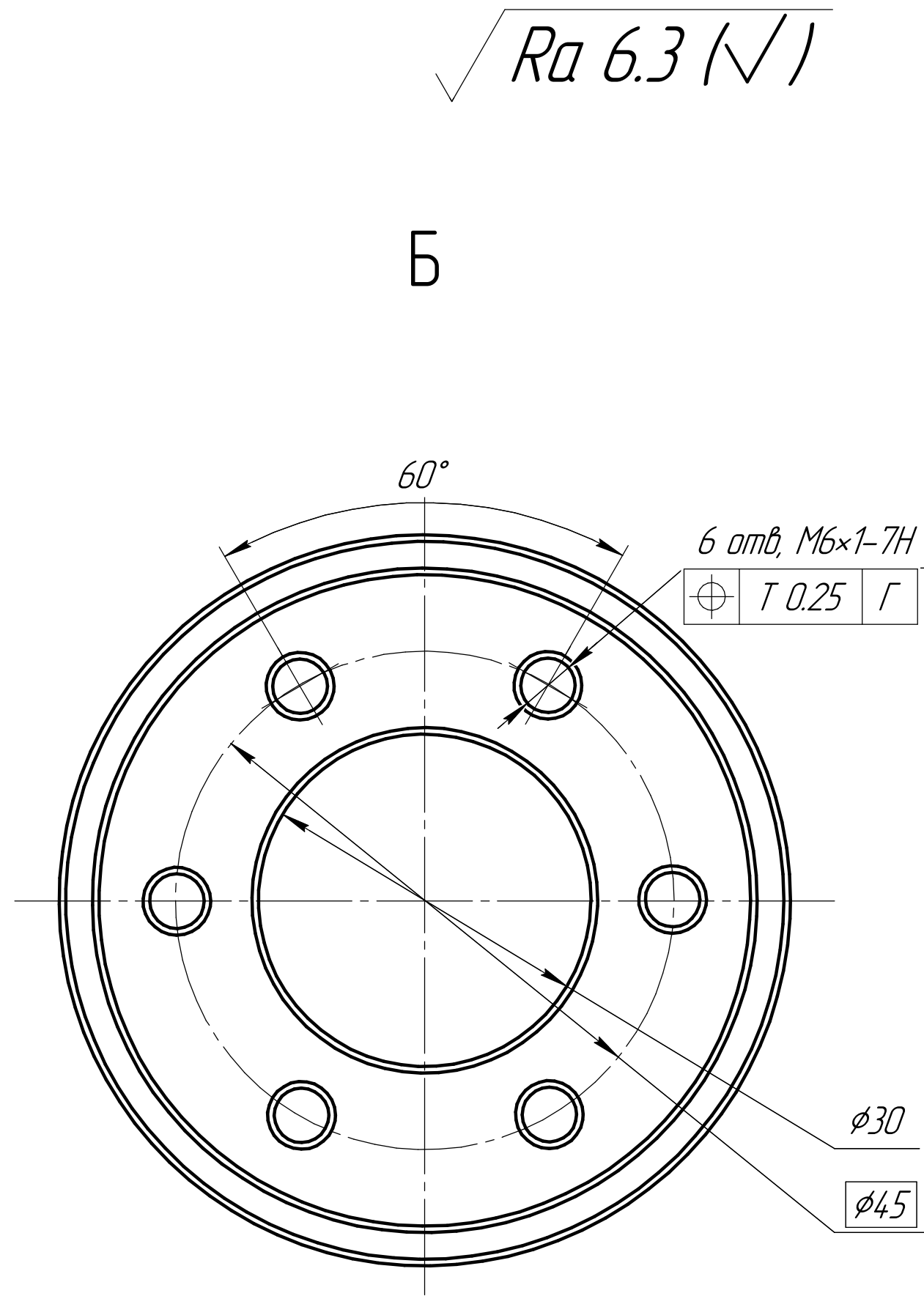
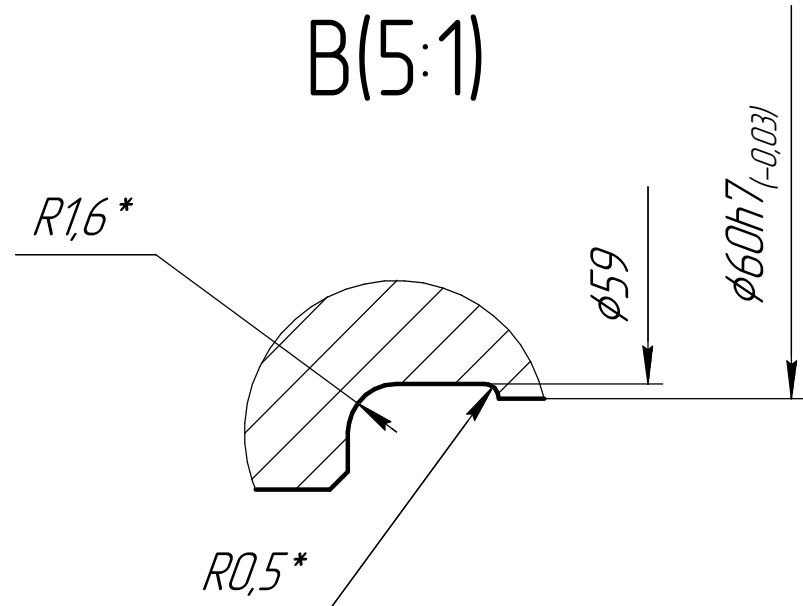
Подп. и дата
Инд. № дубл.
Взам. инд. №
Подп. и дата
Инд. № подл.



Б



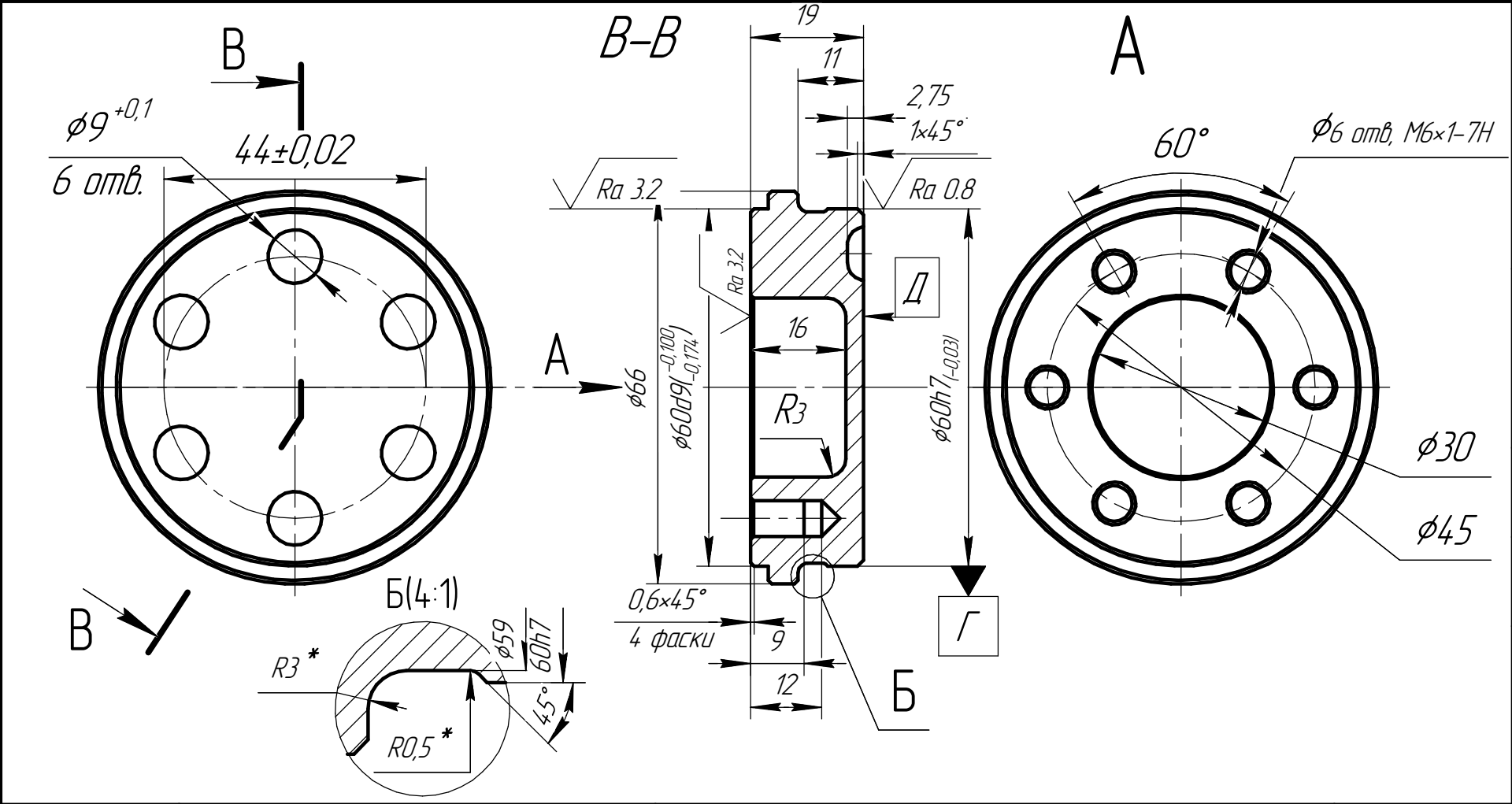
В



- 38..42 HRC₃
- Острые кромки притупить
- $\pm \frac{IT}{12}$; H12 ; h12 ;

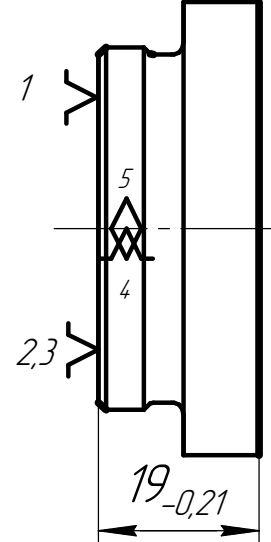
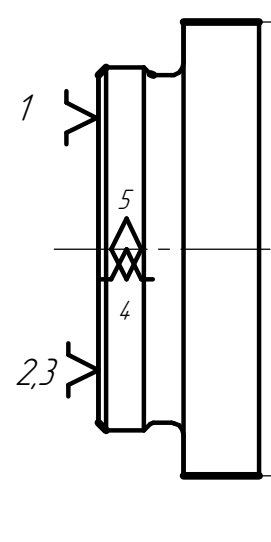
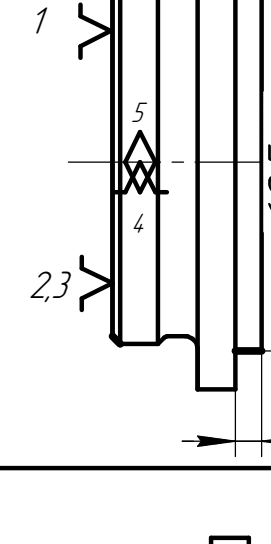
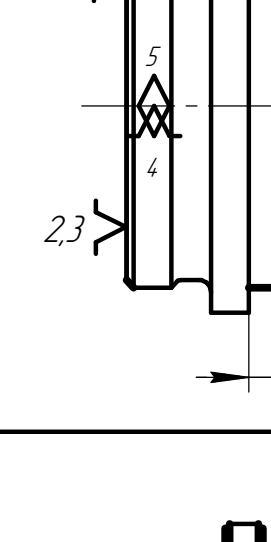
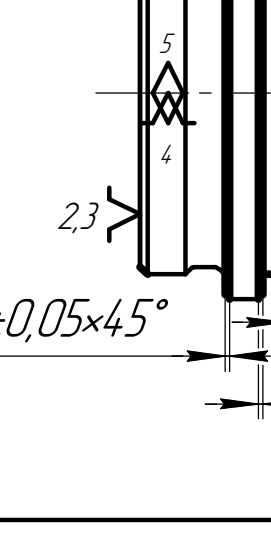
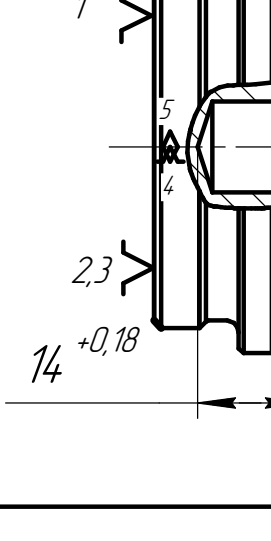
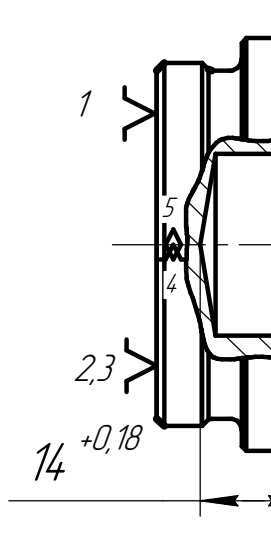
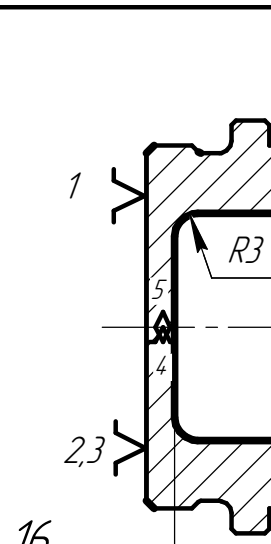
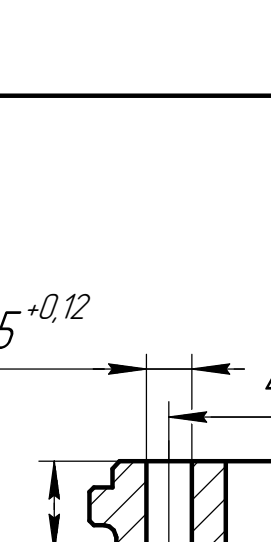
ИШНПТ-8/Л4 1114.01					Опора		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Батдоблд.М					0.26	2:1
Проб.	Козлов.В.Н				Лист	Листов	1
Т.контр.					Сталь 40X ГОСТ 4543-71		
Н.контр.					ТПУ ИШНПТ		
Утв.					Группа 4А6Б		
Копировал					Формат А2		

Приложение Б
(обязательное)
Карта технологического процесса



Томский политехнический университет										ТПУ Ом										
Карта технологического процесса										Литера										
Материал		Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка																
Наименование, марка				Код и вид	Профиль Размеры	Кол.	Масса, кг													
Сталь 40Х			0,26	Круг			5000	0,8												

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие однокрем. абраз. деталей	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки		Нормы времени					Разряд работы			
операций	перехода					режущий	измерительный						Подача		Частота, об/мин	Скорость резания, м/мин	T _{вс} , мин	T _{пз}	T _{шт}		T _{шт.к}		
													мм/об	мм/мин									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	A	Токарная-винторезная Установить и закрепить заготовку. Обточить торец, выдерживая размер $15^{+0,21}_{-0,52}$		Токарно-винторезный станок 16К20	Трёхкулачковый патрон ГОСТ 2675-80	Резец для подрезки торца с СМП Т15К6 ГОСТ 28980-91	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	70	35	135	0.11		800	175.8	0.4	0.63	10	3.07	3.075		
	2	Обточить поверхность выдерживая размеры $20,5^{+0,21}_{-0,21}$; $\phi 66,9^{+0,46}_{-0,46}$				Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	66.9	20.5	1.48	0.23		800	175.84	0.14						
	3	Обточить поверхность выдерживая размеры $11^{+0,03}_{-0,18}$; $\phi 61,1^{+0,03}_{-0,18}$				Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		2	61.1	11	2.86	0.23		800	168.7	0.133						
	4	Обточить поверхность выдерживая размеры $11^{+0,03}_{-0,18}$; $\phi 60,6^{+0,03}_{-0,03}$				Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Микрометр МК75 ГОСТ 6507-90		1	60.3	11	0.198	0.07		2000	383.7	0.08						
	5	Обточить поверхность выдерживая размеры $5^{+0,12}_{-0,18}$; R1.6 ; R0.5; $59^{+0,12}_{-0,3}$				Резец фасонный Т15К6 ГОСТ 18879-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	59	5	0.85	0.13		1000	190.28	0.049						
	6	Обточить фаску выдерживая $1,3^{+0,088}_{-0,11} \times 45^\circ$;				Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	59	1	1.2	0.07		1000	190.3	0.007						
	7	Отрезать заготовку выдерживая размер $20,3^{+0,052}_{-0,52}$				Резец отрезной Т5К10 ГОСТ 18884-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	70	20.3	b=5	0.1		630	133.3	0.8						

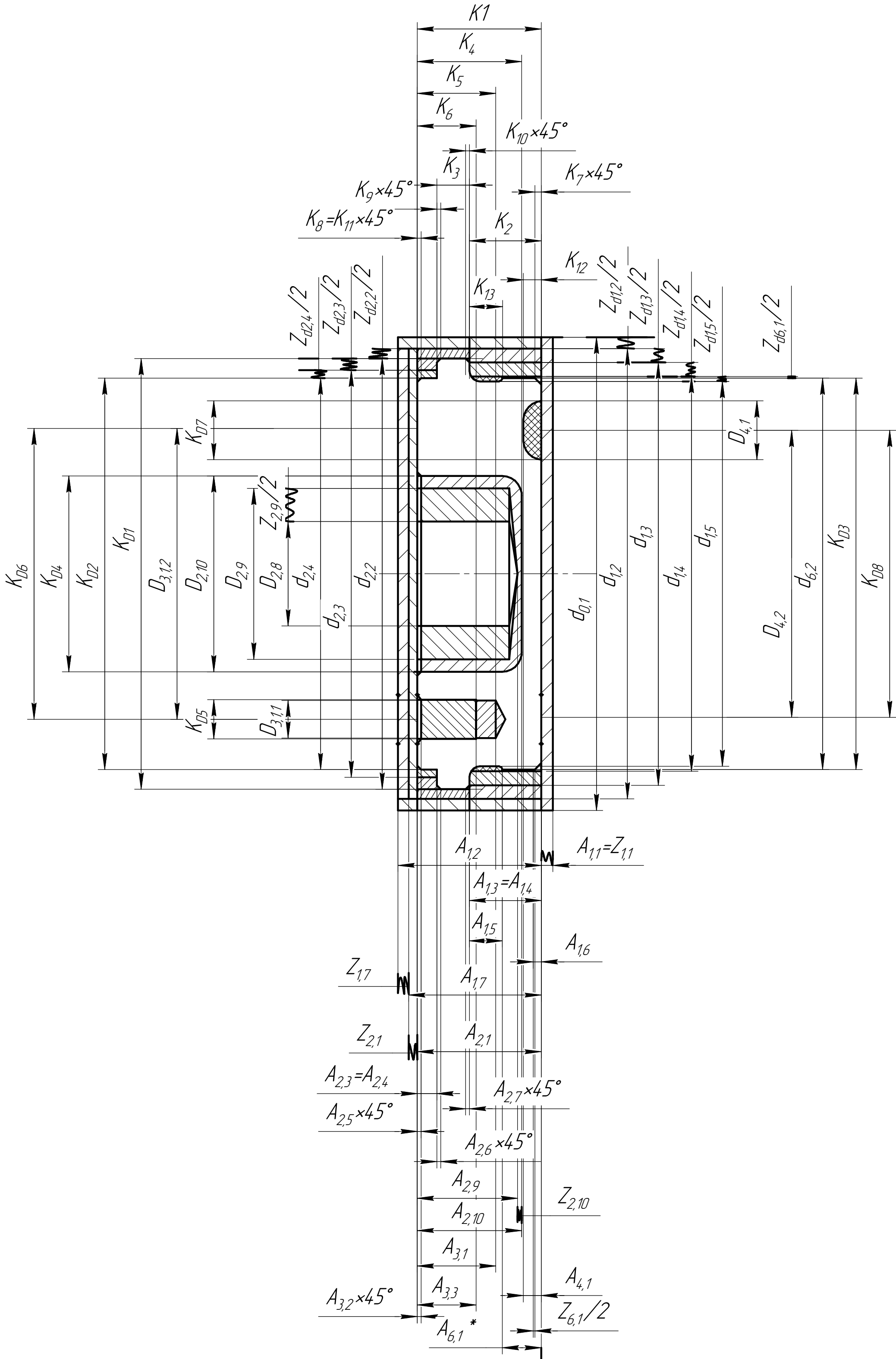
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	A	1 <div>Токарно-винторезная</div> <div>Установить и закрепить заготовку.</div> <div>Точить поверхность, выдерживая размер 19_{-0,21}</div>	 <div>√ Ra 6.3</div>	Токарно-винторезный станок с ЧПУ 16К20Ф3	Мембранный патрон ø60,9 с пневмоприводом	Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	60.2	30.1	1,145	0,23		800	168,05	0,07	0,63	8	3,61	3,614	
		2 <div>Обточить поверхность, выдерживая размер 66_{-0,3}</div>	 <div>√ Ra 6.3</div>			Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	66	33	0,41	0,34		1000	210,1	0,06					
		3 <div>Обточить поверхность, выдерживая размеры 3_{-0,21}^{+0,3}; ø60,5_{-0,3}</div>	 <div>√ Ra 6.3</div>			Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		2	60.5	3	2,75	0,23		800	165,8	0,07					
		4 <div>Обточить поверхность, выдерживая размеры 3_{-0,21}^{+0,3}; ø60_{-0,174}^{-0,100}</div>	 <div>√ Ra 1.6</div>			Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Микрометр МК75 ГОСТ 6507-90		1	60	3	0,1	0,07		1000	189,97	0,05					
		5 6 7 <div>Точить 3 фаски, выдерживая размеры 0,6±0,05×45°</div>	 <div>√ Ra 6.3</div>			Резец проходной с СМП Т15К6 ГОСТ 18879-73	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	66	0,6	0,6	0,07		1000	187,85	0,06	0,63	8	3,61	3,614	
		8 <div>Сверлить отверстие на глубину 14_{-0,18}^{+0,18}, ø16_{-0,18}^{+0,18}</div>	 <div>√ Rz 60</div>			Сверло специальное ø16 Р6М5 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	16	14	8	0,1		482,7	24,25	1					
		9 <div>Рассверлить отверстие на глубину 14_{-0,18}^{+0,18}, ø28_{-0,21}^{+0,21}</div>	 <div>√ Ra 80</div>			Сверло специальное ø28 Р6М5 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	28	14	6	0,1		301,97	26,55	1,8					
		10 <div>Расточить отверстие, выдерживая размеры ø30_{-0,18}^{+0,25}; R3; на глубину 16_{-0,18}</div>	 <div>√ Ra 6.3</div>			Резец расточной с СМП Т15К6 для обработки глухих отверстий ГОСТ 886-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	30	16	2	0,11		1600	150,72	0,02					
		3 A 1 <div>Сверлильная</div> <div>Установить и закрепить заготовку, установить на нее кондукторскую плиту</div> <div>Сверлить 6 отверстий поочередно, выдерживая размеры ø45±0,08; ø5_{-0,18}^{+0,12} на глубину 12_{-0,18}</div>	 <div>√ Ra 6.3</div>			Сверло спиральное ø5 Р6М5 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 мм ГОСТ 166-89		1	6	12	3	0,1		1600	29,98	0,11					
						Кондукторная плита																

ИИД. № карточ.	Подп. и дата	Взам. ИИД. №	ИИД. № выд.	Подп. и дата
----------------	--------------	--------------	-------------	--------------

[illegible]

Приложение В
(обязательное)
Комплексная схема обработки детали

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дудл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



ИШНПТ-8/4 1114.03						Комплексная схема обработки детали		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Батдалов М.							2:1
Пров.	Козлов В.Н.					Лист	Листов	1
Т.контр.						ТПУ ИШНПТ		
Н.контр.						Группа 4А6Б		
Утв.						Формат А2		

ИШНПТ-8/4 1114.03

Приложение Г
(обязательное)
Граф технологических размеров

70711 718-111111

Перв. примен.

Справ. №

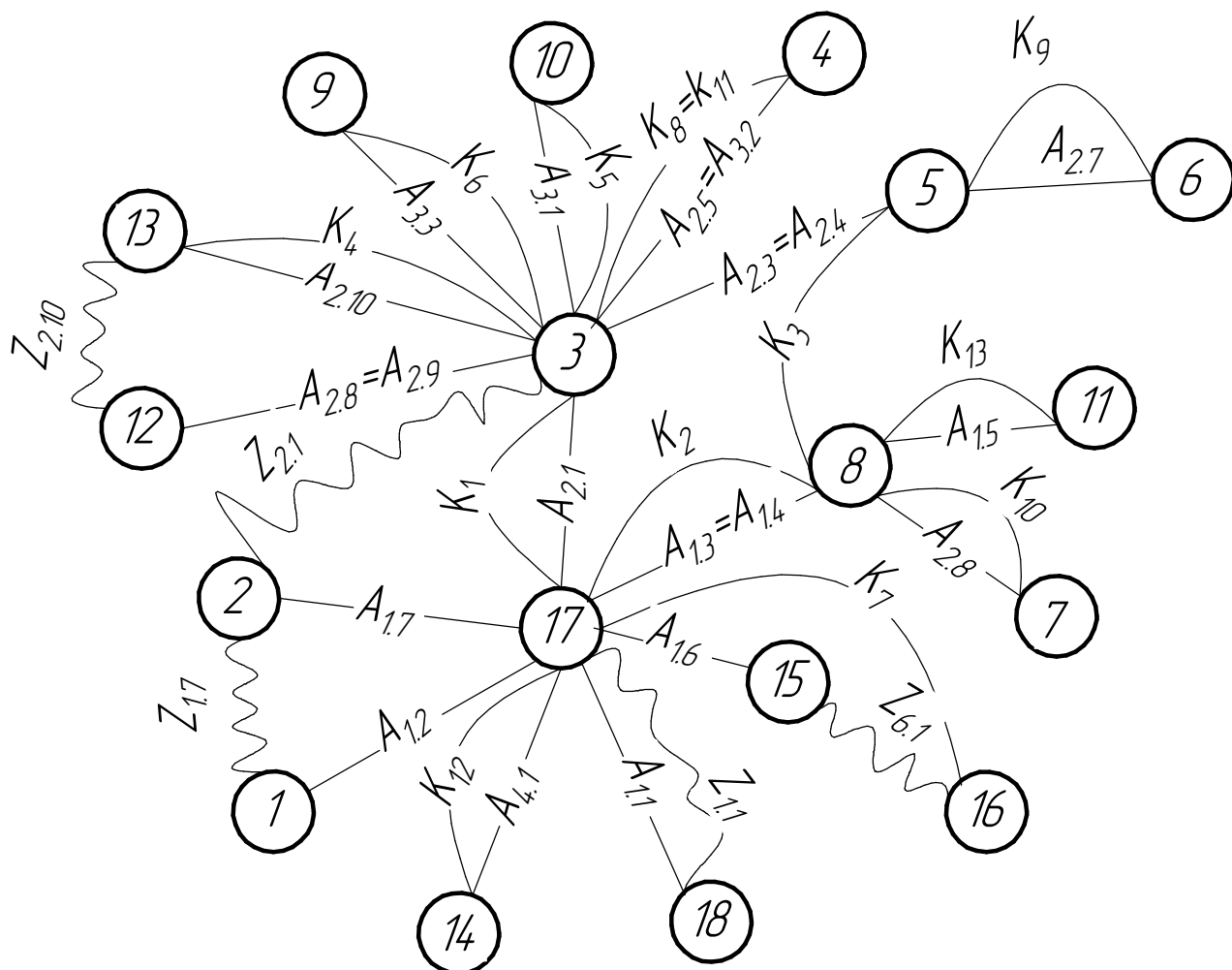
Подн. u dama

ИНВ. № дубл.

ВЗАМ. УНВ. №

Подн. u dama

ИНВ. № подл.



ИШНПТ-8/4 114.04

Граф технологических
размеров

Aut.

Macca

Μαριμαρδ

1:1

Auctm

August

1

ТПУ ИШНПТ
Группа 4А6Б

Копировал

Формат А4

Приложение Д

(обязательное)

Приспособление для сверлильной операции

ИШНПТ-8Л4 1114.01.00.00 СБ

Перв. примен.

Справ. №

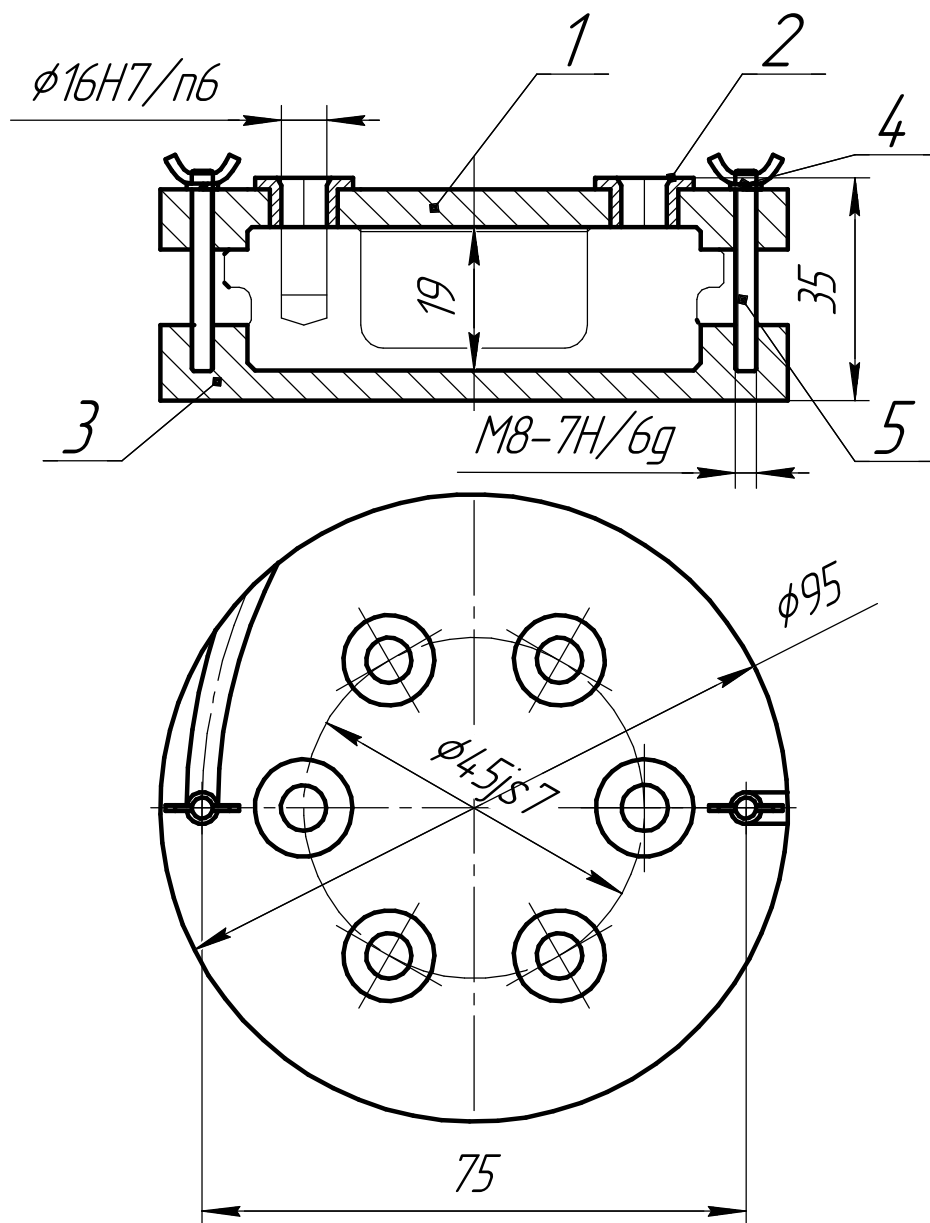
Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



1. Шпильки в резьбовое отверстие корпуса приспособления вворачивать с применением компаунда.

ИШНПТ-8Л4 1114.01.00.00 СБ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Батболд.М			
Пров.	Козлов.В.Н			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Приспособление

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1
ТПУ ИШНПТ Группа 4А6Б		

Копировал

Формат А4

Приложение Е
(обязательное)
Спецификация для приспособления

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №	A4			ИШНПТ-8/4 1114.01.00.00 СБ	Сборочный чертеж	1	
Подп. и дата			1	ИШНПТ-8/4 1114.01.00.01	Крышка	1	
			2	ИШНПТ-8/4 1114.01.00.02	Втулка	6	
			3	ИШНПТ-8/4 1114.01.00.03	Основание	1	
Инв. № дубл.			4		Гайка М8.55 ГОСТ 3032-76	2	
			5		Шпилька М8-6d×30.58 ГОСТ 22034-76	2	
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							

ИШНПТ-8/4 1114.01.00.00 СП

Приспособление

Лит.ЛистЛистов

1

ТПУ ИШНПТ
Группа 4А6Б

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Батболд.М		
Пров.		Козлов.В.Н.		
Н.контр.				
Утв.				

Копировал

Формат А4